Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

L'HYPOCHLORITE DE SODIUM

Canada

octobre 1985

3-03115/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

L'HYPOCHLORITE DE SODIUM

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
OCTOBRE 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Sodium hypochlorite
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/36-1985F
ISBN 0-662-93403-2
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XII
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	5
3.1	Qualités et titres	5
3.2	Fabricants situés au Canada	5
3.3	Fournisseurs	5
3.4	Centres de production	6
3.5	Volume de production	6
3.6	Fabrication	7
3.6.1	Procédé de fabrication	7
3.7	Principales utilisations au Canada	7
3.8	Principaux acheteurs au Canada	7
4	**Manutention du produit et compatibilité avec certains matériaux**	8
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	8
4.1.1	Transport en vrac	8
4.1.1.1	Wagons-citernes	11
4.1.1.2	Véhicules-citernes	11
4.1.2	Autres récipients d'expédition	12
4.2	Déchargement	12
4.2.1	Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes	13
4.2.2	Équipement et opérations de déchargement des véhicules-citernes	13
4.2.3	Spécifications et matériaux de fabrication des organes de déchargement	13
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	16
5	**Fuite et migration du produit**	16
5.1	Aperçu général	16
5.2	Fuite du produit	16
5.2.1	Introduction	17
5.2.2	Nomogrammes relatifs aux fuites	17
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	17
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	17
5.2.3	Exemples de calcul	19
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	19
5.4	Comportement dans l'eau	19
5.4.1	Introduction	19
5.4.2	Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau	20
5.4.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	20
5.4.2.2	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	30
5.4.3	Exemples de calcul	30
5.4.3.1	Teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées	30
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	31
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	31
5.5.1	Introduction	31
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	31
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	

5.5.4	Types de sol	33
5.5.5	Nomogrammes de la migration	33
5.5.6	Exemple de calcul	33
6	**Protection de l'environnement**	39
6.1	Limites maximales admissibles	39
6.1.1	Qualité de l'eau	39
6.1.1.1	Situation au Canada	39
6.1.1.2	Situation aux États-Unis	39
6.1.2	Qualité de l'air	39
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	39
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	39
6.2.2	Mesure de la toxicité	39
6.3	Études sur les effets toxiques	40
6.4	Dégradation du polluant	40
6.5	Devenir et effets à long terme	40
7	**Protection de la santé**	41
7.1	Normes d'exposition recommandées	41
7.2	Données sur les propriétés irritantes	41
7.2.1	Contact avec la peau	41
7.2.2	Contact avec les yeux	41
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	42
7.3.1	Odeur	42
7.3.2	Saveur	42
7.4	Études sur les effets toxiques	42
7.4.1	Inhalation	42
7.4.2	Ingestion	42
7.4.3	Mutagénicité, tératogénicité et cancérogénicité	43
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	43
7.5.1	Inhalation	43
7.5.2	Ingestion	43
7.5.3	Contact avec la peau	44
7.5.4	Contact avec les yeux	44
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	44
7.6.1	Chlore	44
8	**Compatibilité chimique**	45
8.1	Compatibilité de l'hypochlorite de sodium et divers agents	45
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	47
9.1	Mesures recommandées	47
9.1.1	Danger d'incendie	47
9.1.2	Moyens d'extinction	47
9.1.3	Évacuation de la zone dangereuse	47
9.1.4	Mesures d'intervention en cas de déversement	47
9.1.4.1	Information générale	47
9.1.4.2	Déversement sur le sol	47
9.1.4.3	Déversement dans l'eau	47
9.1.5	Nettoyage et traitement	48
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	48
9.1.7	Entreposage	48
10	**Cas de déversement accidentel**	49
11	**Identification et dosage du polluant**	50
11.1	Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans l'air	50
11.2	Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans l'eau	50
11.2.1	Titrage iodométrique	50
11.2.2	Photométrie de flamme	51

11.3	Identification de l'hypochlorite de sodium présent dans l'eau	51
11.4	Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans le sol	51
11.4.1	Photométrie de flamme	51
11.5	Identification de l'hypochlorite de sodium présent dans le sol	51
12	**Références et bibliographie**	53
12.1	Références	53
12.2	Bibliographie	56

LISTE DES FIGURES

1 Wagon-citerne de spécification 111A100W2 9

2 Fûts types 1A1 12

3 Wagon-citerne perforé au-dessous du niveau du liquide 17

4 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé 18

5 Débit de fuite en fonction du temps écoulé 18

6 Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées 21

7 Distance en fonction du temps 22

8 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal 23

9 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique 24

10 Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente 25

11 Delta en fonction de alpha 26

12 Teneur maximale en fonction de delta 27

13 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique 28

14 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau 29

15 Migration dans le sous-sol 32

16 Plan d'utilisation des nomogrammes 34

17 Migration dans du sable grossier 35

18 Migration dans du sable limoneux 36

19 Migration dans du till argileux 37

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de conversion 4

2 Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le transport de l'hypochlorite de sodium 8

3 Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A100W2 10

4 Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport de l'hypochlorite de sodium .. 11

5 Compatibilité entre l'hypochlorite de sodium et certains matériaux de fabrication 14

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f.n.éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible courte durée
MAK-K*	Teneur maximale admissible
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale
TL 50*	Teneur létale moyenne

TLV®*	*Threshold Limit Value*	V biod.	Vitesse de biodégradation
TLV® - C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*	V évap.	Vitesse d'évaporation
TPN	Température et pression normales	vol.	Volume
		^{o}Bé	Degré Baumé
TT min.*	Teneur toxique minimale	^{o}C	Degré Celsius
u	Vitesse du vent	ϕ	Diamètre
μ	Viscosité	x	Distance sous le vent
vap	Vapeur	~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction
V	Vitesse d'écoulement		

* Les abréviations suivies d'un astérique sont expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bio-concentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). –Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés

de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Chlorure de sodium (NaCl)
Le chlorure de sodium se présente à l'état solide ou en poudre cristalline, blanche et inodore.

Synonymes
Sel de table, sel marin, halite, sel gemme, sel ordinaire, sel iodé, monochlorure de sodium.

Numéros d'identification
UN: aucun; CAS 7647-14-5.

Qualités et teneurs
Ordinaire; industrielle: teneur > 97 p. 100
De table; fin: teneur > 99,5 p. 100.

Dangers immédiats
Effets sur l'homme. – Le déversement de chlorure de sodium est pratiquement sans danger pour l'homme.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C; 1 atm)	Cristaux ou poudre
Point d'ébullition	1413 °C
Point de fusion	801 °C
Inflammabilité	Ininflammable
Densité relative (eau = 1)	2,165 (25 °/4 °C)
Miscibilité à l'eau	35,7 g/100 ml à 0 °C
Comportement (dans l'eau)	Coule et se dissout
Comportement (dans l'air)	Absorbe l'humidité de l'air

Dangers pour l'environnement
Des quantités excessives d'ions sodium et chlorure réduisent la fertilité du sol. En cas de déversement de chlorure de sodium, la végétation et les arbres seront touchés. Il ne présente aucun risque de bio-accumulation ou de bioconcentration le long de la chaîne alimentaire.

Mesures d'intervention d'urgence
- Chlorure de sodium répandu sur le sol

Ramasser à la pelle et mettre dans des récipients. S'il s'agit d'une solution, contenir le liquide déversé à l'aide de barrières et récupérer le produit avec une pompe.

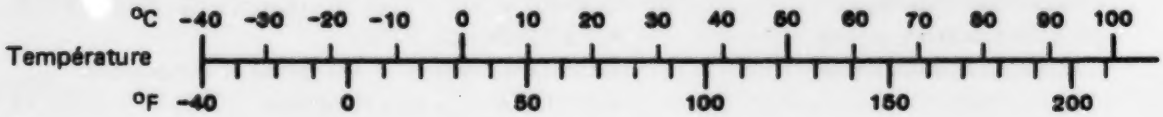
2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect	Cristaux à mailles cubiques, granules ou poudre; blancs, incolores et transparents ou translucides dans le cas de gros cristaux (Merck, 1976)
État à l'expédition	Solide, contenant habituellement du chlorure de calcium et de magnésium (Merck, 1976)
État d'agrégation (15 °C; 1 atm)	Solide
Variables d'état	
Point de fusion	801 °C (CRC, 1980)
Point d'ébullition	1413 °C (CRC, 1980)
Température de décomposition	820 °C (Kaufmann, 1960)
Densité relative (25 °/4 °C)	2,165 (CRC, 1980)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Ininflammable (Kaufmann, 1960)
Produits de décomposition	Sodium et chlore. En présence de vapeur d'eau, se décompose légèrement et forme de l'hydroxyde de sodium et du chlorure d'hydrogène
Solubilité, miscibilité	
• dans l'eau	35,7 g/100 ml (0 °C) (CRC, 1980) 39,12 g/100 ml (100 °C) (CRC, 1980)
• dans d'autres corps	Glycérol: 10 g/100 ml (Merck, 1976) Légèrement soluble dans l'éthanol et l'ammoniac. Insoluble dans l'acide chlorhydrique (CRC, 1980)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur	58,44 (CRC, 1960)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	97 à 99,5 %
Résistivité	$4,6 \times 10^4$ ohm . m (Kaufmann, 1960)
Indice de réfraction	1,5442 (CRC, 1980)
Viscosité	État liquide (816 °C) 15 mPa . s Solution aqueuse à 26 % (20 °C) 2,0 mPa . s
Tension superficielle avec l'air	103,8 mN/m (liquide à 803 °C) (Kaufmann, 1960)
Hygroscopicité	Hygroscopique (Merck, 1976)
Chaleur latente de fusion	30,2 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980)
Chaleur latente de vaporisation	171 kJ/mol (au point d'ébullition) (Kaufmann, 1980)
Chaleur de formation	- 411,3 kJ/mol (25 °C) (Sussex, 1977)
Potentiel d'ionisation	8,92 eV (Rosenstock, 1977)
Chaleur de dissolution	3,9 kJ/mol (25 °C) (CRC, 1980)
Énergie interne molaire à pression constante	50,8 J/mol . °C (Kaufmann, 1960)

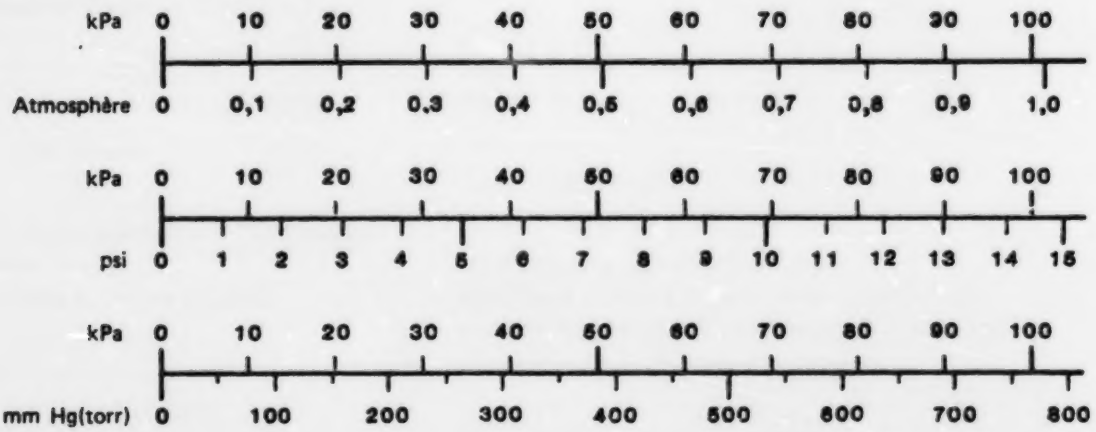
Coefficient de dilatation linéaire	3,99 x 10^{-5}/°C (25 °C) si bien qu'à des températures de 20 °C à 100 °C, la dilatation linéaire du NaCl serait de 0,32 % (Kaufmann, 1960)
Conductivité thermique	0,0697 J/s . cm . °C (0 °C) (Lange's Handbook, 1979)
pH de la solution aqueuse	6,7 à 7,3 (Merck, 1976)
Compositions eutectiques	Solution aqueuse à 23,3 % (point de congélation à -21,13 °C) (Lange's Handbook, 1979)

Tableau 1

CHLORURE DE SODIUM — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1000 Pa



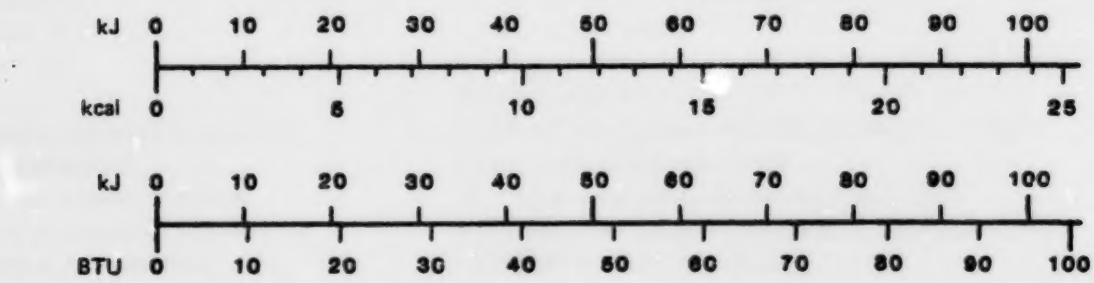
Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1000 J



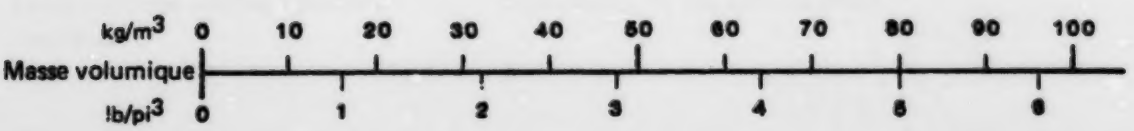


Figure 1

CHLORURE DE SODIUM — **MISCIBILITÉ À L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Seidell et Linke, 1965

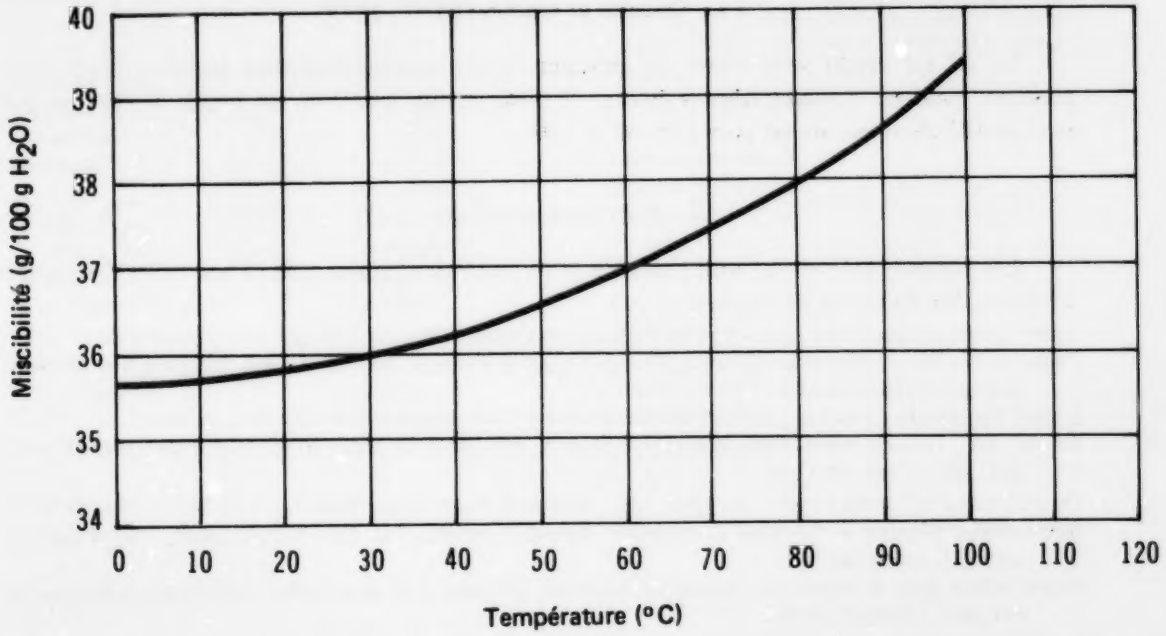
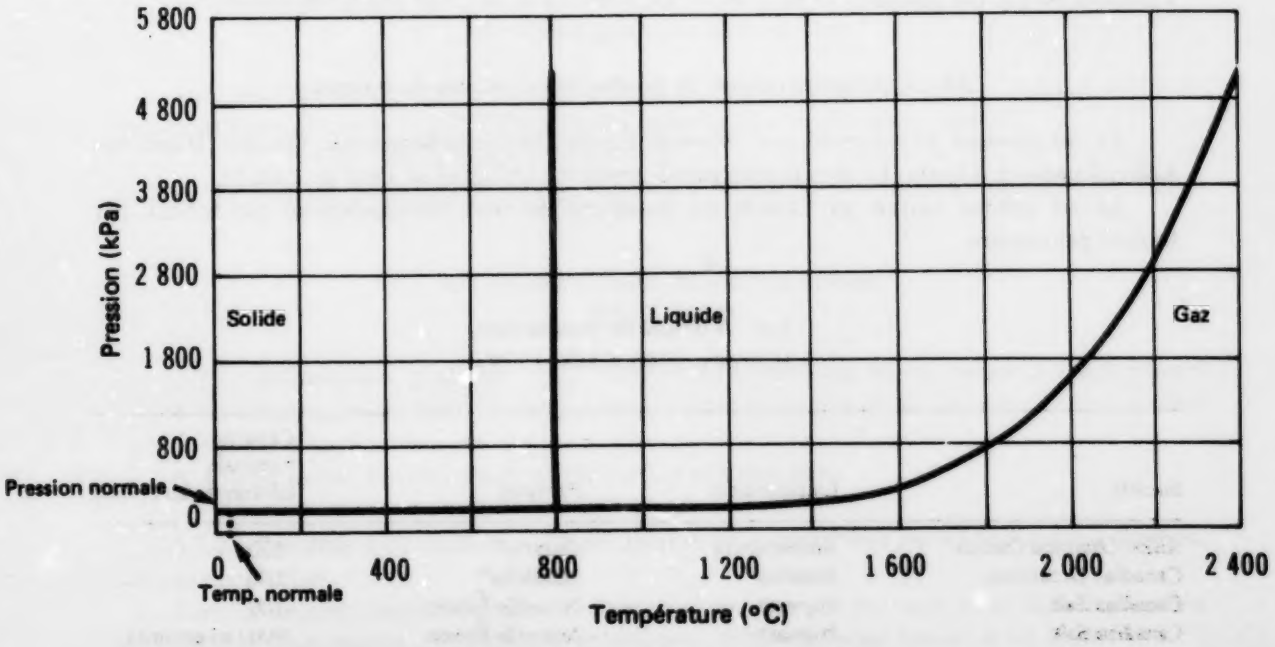


Figure 2

CHLORURE DE SODIUM — **DIAGRAMME DE PHASES**



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs (RIMC, 1979)

Le sel est vendu sous forme de cristaux ou de poudre cristalline blanche. Il en existe plusieurs qualités: commerciale, ordinaire, de table, et fin. Le sel fin est pur à > 99,5 p. 100 et la qualité commerciale est pure à > 97 p. 100.

3.2 Fabricants situés au Canada

Les adresses qui suivent sont celles du siège social de la compagnie et non celles des services d'information en cas de déversement.

Allied Chemical Canada Ltd., 201 City Centre Drive, Mississauga (Ontario), L5B 2J4, (416) 276-9211

Canadian Occidental Petroleum Limited, Hooker Chemical Division, 700 4th Avenue S.W., Calgary (Alberta), T2P 0K2, (403) 265-2390

Société Canadienne de sel Ltée, 10701 Parkway, Montréal (Québec), H1Y 1S1, (514) 352-7490

Domtar Inc., Division du sel Sifto, C.P. 7212, Succ. A, 395, Boul. de Maisonneuve Ouest, Montréal (Québec), H3C 3M3, (514) 282-5400

Dow Chemical of Canada Limited, P.O. Box 1012, Modeland Road, Sarnia (Ontario), N7T 7K7, (519) 339-3131

International Minerals & Chemical Corporation (Canada) Limited, P.O. Box 310, Esterhazy (Saskatchewan), S0A 0X0, (306) 745-3931

Prince Albert Pulp & Paper Co., Saskatoon Chemical Division, P.O. Box 1586, Saskatoon (Saskatchewan), S7K 3R3, (306) 652-9456

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1980)

Les produits Sel Iroquois Ltée, 417 St-Pierre, suite 708, Montréal (Québec), H2Y 2M4, (514) 849-2474

Vancouver Salt Co. Ltd. (Domtar), 85 1st Avenue West, Vancouver (C.-B.), V5Y 1A1, (604) 874-3471

3.4 Principaux centres de production et modes de transport

Le sel provient de six provinces: Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick, Ontario, Manitoba, Saskatchewan et Alberta. La plus grande partie provient cependant de l'Est du Canada.

Le sel gemme extrait au Canada est transporté en vrac, principalement par bateau, par train et par camion.

3.5 Volume de production
(Corpus, 1980; CMR, 1979)

Société	Emplacement	Province	Capacité nominale kilotonnes/an (1980)
Allied Chemical Canada	Amherstburg	Ontario*	550
Canadian Occidental	Brandon	Manitoba*	100
Canadian Salt	Pugwash	Nouvelle-Écosse	100
Canadian Salt	Pugwash	Nouvelle-Écosse	900 (sel gemme)

Société	Emplacement	Province	Capacité nominale kilotonnes/an (1980)
Canadian Salt	Ojibway	Ontario	1900 (sel gemme)
Canadian Salt	Windsor	Ontario	150
Canadian Salt	Belle Plaine	Saskatchewan	150
Canadian Salt	Lindborgh	Alberta	150
Dennison	Clover Hill	Nouveau-Brunswick	–
Domtar	Amherst	Nouvelle-Écosse	100
Domtar	Goderich	Ontario	2040 (sel gemme)
Domtar	Goderich	Ontario	115
Domtar	Unity	Saskatchewan	180
Dow Chemical Canada	Sarnia*	Ontario*	400
Dow Chemical Canada	Fort Saskatchewan	Alberta*	900
International Minerals and Chemical	Esterhazy	Saskatchewan	100
Saskatoon Chemicals	Saskatoon	Saskatchewan	100
Potash Company of America	Sussex	Nouveau-Brunswick	–
TOTAL			7905
Production (1979)			6700
Importations (1979)			1400
TOTAL			8100

* surtout à l'usage de la compagnie

3.6 Développement de l'industrie

Une mine de sel est entrée en exploitation en 1982. Il s'agit de la mine Seleine, aux Îles-de-la-Madeleine, filiale de la SOQUEM (Société québécoise d'exploration minière).

La Sifto, Division de la Domtar, a aménagé un nouveau puits à sa mine de Goderich, en Ontario. La capacité de production a ainsi été portée à 3175 kt/an (une augmentation de 55 p. 100).

3.7 Extraction du chlorure de sodium (RIMC, 1979)

3.7.1 Information générale. – Le chlorure de sodium ou sel, se trouve à l'état naturel

- en solution, dans l'eau de mer, certaines eaux de source et de lac, dans de nombreuses nappes d'eau souterraines
- à l'état solide, dans les gisements de surface et souterrains.

3.7.2 Procédés d'extraction. – Le sel gemme est exploité soit par les techniques minières, soit par dissolution.

Dans ce dernier procédé, les saumures saturées obtenues par injection d'eau dans le gisement sont utilisées telles quelles par l'industrie chimique ou évaporées pour donner le sel solide.

3.8 Principales utilisations au Canada
(Corpus, 1980; RIMC, 1979; DOW PS, 1980)

Les services de la voirie constituent le marché le plus important pour le sel. Ces services l'utilisent pour le déneigement et le déglaçage des rues et des routes. L'industrie des produits chimiques vient au deuxième rang et l'utilise surtout pour la fabrication de la soude caustique et du chlore. Parmi les autres utilisations, signalons: la fabrication du bicarbonate de soude, de la soude à l'ammoniac, du chlorate de sodium et du chlorite de sodium. On l'utilise également dans le blanchiment des pâtes à papier, la conservation des aliments et du poisson, dans l'industrie photographique et la fabrication des adoucisseurs d'eau domestiques.

3.9 Principaux acheteurs au Canada
(Corpus, 1980; CBG, 1980)

A & K Petro-Chem, Weston (Ont.)
Abitibi-Price, Smooth Rock Falls (Ont.)
Alberta Dept. of Transportation, Edmonton (Alb.)
American Can, Marathon (Ont.)
BC Ministry of Highways, Victoria (C.-B.)
BC Packers, Vancouver (C.-B.)
Burns Bros., Calgary (Alb.)
CIL, Bécancour (Qc); Cornwall (Ont.); Dalhousie (N.-B.)
Canada Packers, Toronto (Ont.)
Canadian Canners, Hamilton (Ont.)
Canadian International Paper, La Tuque (Qc)
Canadian Occidental, Vancouver (C.-B)
Canso Chemicals, New Glasgow (N.-É.)
Clayson, Régina (Sask.)
Erco Industries, Buckingham (Qc)
FMC Chemicals, Squamich (C.-B.)
Grande région de Montréal, Montréal (Qc)
Great Lakes Forest, Thunder Bay, Dryden (Ont.)
Green Giant of Canada, Windsor (Ont.)
Kimberly-Clark Canada, Terrace Bay (Ont.)
Kingsley & Keith, Toronto (Ont.)
Kraft Foods, Montréal (Qc)
Libby McNeill & Libby, Chatham (Ont.)
Mallinkroot, Pointe-Claire (Qc)
Manitoba Dept. of Highways, Winnipeg (Man.)
Ministère des Transports du Québec, Montréal (Qc)
National Sea Products, Halifax (N.-É.)
New Brunswick Dept. of Transportation, Frédéricton (N.-B.)
Newfoundland Dept. of Transportation, St. John's (T.-N.)
Nova Scotia Dept. of Highways, Halifax (N.-É.)
Ontario Ministry of Transportation, Toronto (Ont.)
Ottawa-Hull (Ont.)
Proctor & Gamble Cellulose, Grande Prairie (Alb.)
QueNord Chemicals, Magog (Qc)
St. Anne Chemical, Nackawick (N.-B.)
Saskatchewan Dept. of Highways, Régina (Sask.)
Shefford Chemicals, Granby (Qc)
Stanchem (PPG), Beauharnois (Qc)
Swift Canadian, Toronto (Ont.)
Thurso Pulp & Paper, Thurso (Qc)
Toronto Metropolitan, Toronto (Ont.)
Weyerhaeuser Canada, Kamloops (C.-B.)
Vancouver Metro, Vancouver (C.-B.)
Ville de Hamilton (Ont.)
Ville de Québec (Qc)
Ville de Winnipeg (Man.)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ AVEC CERTAINS MATÉRIAUX

4.1 Wagons et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Le chlorure de sodium solide est expédié en vrac dans des wagons-trémies, ainsi qu'en fûts, en sacs et en boîtes. Le transport du chlorure de sodium ne fait l'objet d'aucun règlement spécial de la Commission canadienne des transports ou du ministère des Transports (TCM, 1979).

4.1.1.1 Wagons-trémies. – Pour le transport en vrac du chlorure de sodium, on emploie d'ordinaire le wagon-trémie de type LO, décrit au tableau 2 et illustré à la figure 3 (CLC, 1974; AAR, 1983).

Tableau 2
Spécifications relatives au wagon-trémie AAR – Classe LO (CLC, 1974)

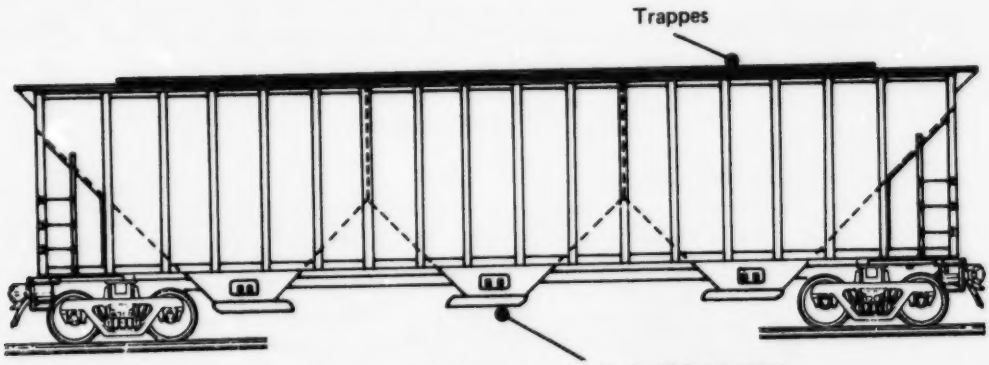
Description	Volume utile 164 m^3 (5800 pi^3)	133 m^3 (4700 pi^3)
Charge nominale	89 000 kg (196 000 lb)	86 000 kg (190 000 lb)
Tare	45 000 kg (100 000 lb)	45 000 kg (100 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Trémies ou compartiments		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	Acier
Longueur intérieure	410 cm (160 po)	460 cm (180 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (13 po)	5 m (16 po)
Angle de pente	40-45°	40-45°
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (59 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (56 pi)
Longueur entre pivots de bogies	16 m (54 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Hauteur jusqu'au sommet de la passerelle de toit	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (123 po)	3,2 m (126 po)
Longueur intérieure	19 m (63 pi)	17 m (55 pi)
Dispositifs de chargement et de déchargement		
Trappes	Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes rondes ou carrées, de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de diamètre ou de côté	
Registres	Le fond des wagons est équipé de registres carrés de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de côté et/ou de raccords de déchargement sous pression de 10 à 20 cm (4 à 8 po) de diamètre	

Figure 3

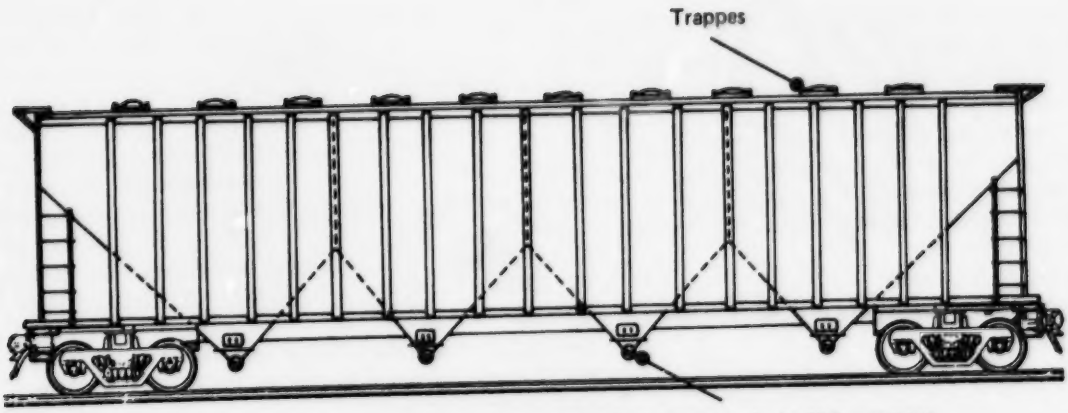
CHLORURE DE SODIUM

WAGONS-TRÉMIES COUVERTS – AAR CLASSE LO

(Source: CLC, 1974; AAR, 1983)



Wagon-trémie à cloisons type, n° 3



Wagon-trémie à cloisons type, n° 4

4.1.2 Emballages. – Le chlorure de sodium est également expédié en fûts. De nombreux matériaux sont autorisés pour leur fabrication. Consulter à cet effet le tableau 3 et la figure 4 (TDGC, 1980).

Les autres emballages utilisés pour l'expédition du chlorure de sodium sont:

- boîtes de métal, de bois ou de carton-fibre avec récipient intérieur en verre, métal, plastique ou fibre;
- boîtes de carton-fibre avec sac de papier intérieur;
- sacs de papier fermé par couture, ligature, collage à chaud etc.

Tableau 3
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du chlorure de sodium

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible; réutilisable	4
	1A1A	Idem à 1A1 avec rebords renforcés	4
	1A1B	Idem à 1A1 avec collerette de fermeture soudée	4
	1A1C	Idem à 1A1 avec revêtement intérieur en plomb	4
	1A1D	Idem à 1A1 avec revêtement intérieur autre que le plomb	4
	1A2	Dessus amovible; réutilisable	4
	1A2A	Idem à 1A2 avec rebords renforcés	4
	1A2B	Idem à 1A2 avec revêtement intérieur en plomb	4
	1A3	Dessus non amovible; non réutilisable	4
	1A4	Dessus amovible; non réutilisable	4
Monel*	TC5M		4
Aluminium	1B1	Dessus non amovible	4
	1B2	Dessus amovible	4
Contre-plaqué	1D2		
Carton-fibre	1G1	Fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement) Contenance de 250 l (55 gal) Masse nette maximale: 400 kg (882 lb)	
Matière plastique	1H1	Dessus non amovible Masse nette maximale: 400 kg (882 lb) Contenance de 250 l (55 gal)	
	1H2	Idem à 1H1; dessus amovible	
Fût en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût Récipient intérieur en matière plastique Contenance de 225 l (49 gal)	
Fût en contre-plaqué avec récipient intérieur en matière plastique	6HD1	Récipient extérieur en contre-plaqué Récipient intérieur en matière plastique Contenance de 225 l (49 gal)	
Fût en carton-fibre avec récipient intérieur en matière plastique	6HG1	Récipient extérieur en carton de fabrication convolute. Récipient intérieur en matière plastique, en forme de fût. Contenance de 225 l (49 gal)	

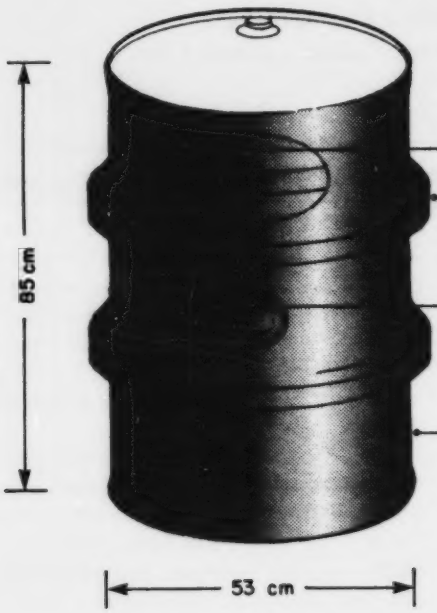
* Voir 4.2

Figure 4

CHLORURE DE SODIUM

FÛTS TYPES

Fût en monel type



Étiquette d'identification

Joncs de roulage faits de caoutchouc naturel solide et flexible

Diamètre maximal de l'orifice: 59 mm

Corps et dessus fabriqués en monel de 10 mm d'épaisseur

Capacité maximale: 220 l

Fût en acier type

Revêtement intérieur de plomb d'au moins 2,4 mm pour la catégorie 1A1C

Étiquette d'identification

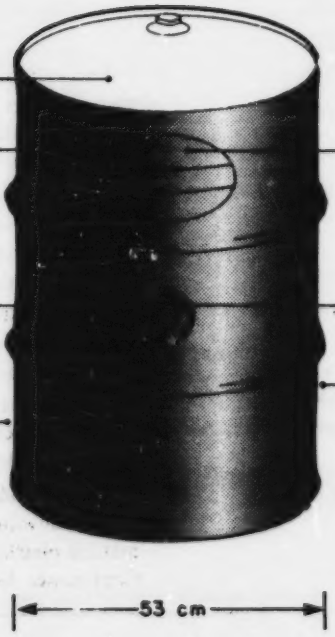
Diamètre maximal de l'orifice: 70 mm

Corps et dessus fabriqués en acier laminé

Capacité maximale: 250 l

Masse nette maximale: 400 kg

Fût en aluminium type



Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice: 70 mm

Corps et dessus fabriqués d'aluminium pratiquement pur (99 p. 100)

Capacité maximale: 250 l

Masse nette maximale: 400 kg

4.2 Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication

La compatibilité du chlorure de sodium et des matériaux qui entrent dans la fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 4. Le système d'évaluation utilisé dans le tableau 4 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau aura une performance satisfaisante avec l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'utilisation indiquée; il peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 4
Compatibilité entre le chlorure de sodium et certains matériaux

Utilisation	Qualité et teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	Toutes	21	Tout acier inoxydable (DCGR, 1978)		
		49	Polyéthylène (DPPED, 1967)		
		60	PVC I PVC II (DPPED, 1967)		
		71	Acrylonitrile – butadiène – styrène (DPPED, 1967)		
		79	Chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
		107	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		121	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		135	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
		Jusqu'à la limite de tolérance du matériau	PVC I Acrylonitrile – butadiène – styrène Polyéthylène (MWPP, 1978)		
2. Robinetterie	20 à 30 %	Point d'ébullition	Acier inoxydable 316 (JSSV, 1979)		
	Toutes	21	Tout acier inoxydable		
3. Pompes	< 3 % de Nacl	Froid	Tout en bronze Tout en fer Fonte austénique (HIS, 1969)		
	> 3 % de Nacl	Froid	Tout en bronze, acier inoxydable 304 et 316, fonte austénique, Monel (HIS, 1969)		
	>3 %	NaCl chaud	Acier inoxydable 316, fonte austénique à haute teneur en silicium, Monel (HIS, 1969)		
4. Autres	Saturé	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 et 304 (ASS)	Acier inoxydable 410 et 430 (ASS)
		60	Chlorure de polyvinyle non plastifié, polyéthylène, polypropylène, polyoxyméthylène, caoutchouc naturel, acrylonitrile/butadiène (Nitrile, Buna N), butyle, caoutchouc d'éthylène – propylène, néoprène,		

Utilisation	Qualité et teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
			caoutchouc fluoré (Viton), polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GF)		
	Saturé	80	Polypropylène, acrylonitrile butadiène (Nitrile, Buna N), butyle, caoutchouc d'éthylène – butylène, néoprène, caoutchouc fluoré (Viton), polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GF)	Polyéthylène, polyoxyméthylène (GF)	Chlorure de polyvinyl non plastifié, caoutchouc naturel (GF)
	Saturé	100	Polypropylène, acrylonitrile/butadiène (Nitrile, Buna N), butyle, caoutchouc d'éthylène – propylène, néoprène, caoutchouc fluoré (Viton), polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GF)		Chlorure de polyvinyl non plastifié, polyéthylène, polyoxyméthylène, caoutchouc naturel (GF)
		Point d'ébullition	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 et 304 (ASS)	Acier inoxydable 410 et 430 (ASS)
		60	PVC (TPS, 1978)		
		82	Polypropylène (TPS, 1978)		
		100	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)		
		121	Fluorure de polyvinylidène (TPS, 1978), caoutchouc naturel*, styrène/butadiène (GR-5, Buna 5), néoprène, acrylonitrile/butadiène (Nitrile, Buna N), butyle, acier au carbone, silicium, caoutchouc éthylène – propylène (GPP)		
	10 à 30 %	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		
	10 à 30 %	38	Ciment (CDS, 1967)		
	100 %	100	Ciment (CDS, 1967)		
	10 à 40 %	24 à 100	Bois (CDS, 1967)		

* Une autre référence attribue une cote inférieure à ce matériau

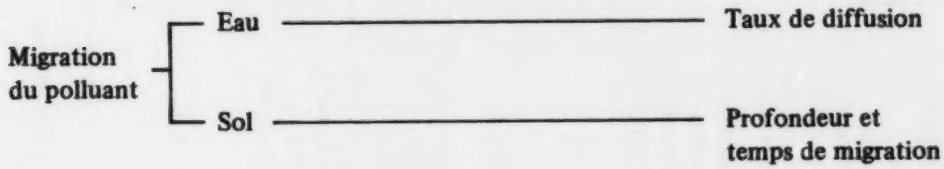
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le chlorure de sodium est transporté à l'état solide, cristallisé. Il se dissout très rapidement au contact de l'eau. Déversé sur le sol, il peut présenter un danger pour l'environnement s'il pleut au moment du déversement ou avant que l'on ait procédé au nettoyage ou encore que l'on utilise de l'eau pour le nettoyage de la zone touchée. Dans ces cas, il pénétrera dans le sol à l'état dissous à une vitesse qui dépend du type de sol en cause et de la teneur en eau de ce dernier. Des problèmes peuvent se poser advenant l'infiltration de chlorure de sodium dans la nappe phréatique.

Le chlorure de sodium n'étant pas volatil, il n'y a pas à craindre de dispersion dans l'atmosphère.

Voici les facteurs à prendre en considération en cas de migration du produit dans l'eau ou dans le sol:



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Diffusion dans l'atmosphère

Comme le chlorure de sodium n'est pas volatil, il ne présente aucun danger notable de diffusion dans l'atmosphère.

5.3 Comportement dans l'eau

5.3.1 Introduction. – Le chlorure de sodium se dissout très rapidement dans l'eau. Lors de la préparation des nomogrammes, nous avons présumé que la totalité du chlorure de sodium déversé serait rapidement dissous. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative du chlorure de sodium est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le *Manuel d'introduction Enviroguide*.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la quantité de produit déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.3.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les étendues d'eau calme.

A. – Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 6 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement)

Figure 7 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal [hauteurs d'eau])

Figure 8 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement)

Figure 9 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs de temps écoulé)

Figure 10 Delta* en fonction de alpha (pour différentes quantités de produit déversé)

Figure 11 Teneur maximale en fonction de delta (pour des sections mouillées de différentes surfaces)

B. – Plans d'eau ou lacs au repos

Figure 12 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac [hauteurs d'eau])

Figure 13 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes quantités de produit déversé)

La figure 5 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.3.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 6 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps t que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance donnée x en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

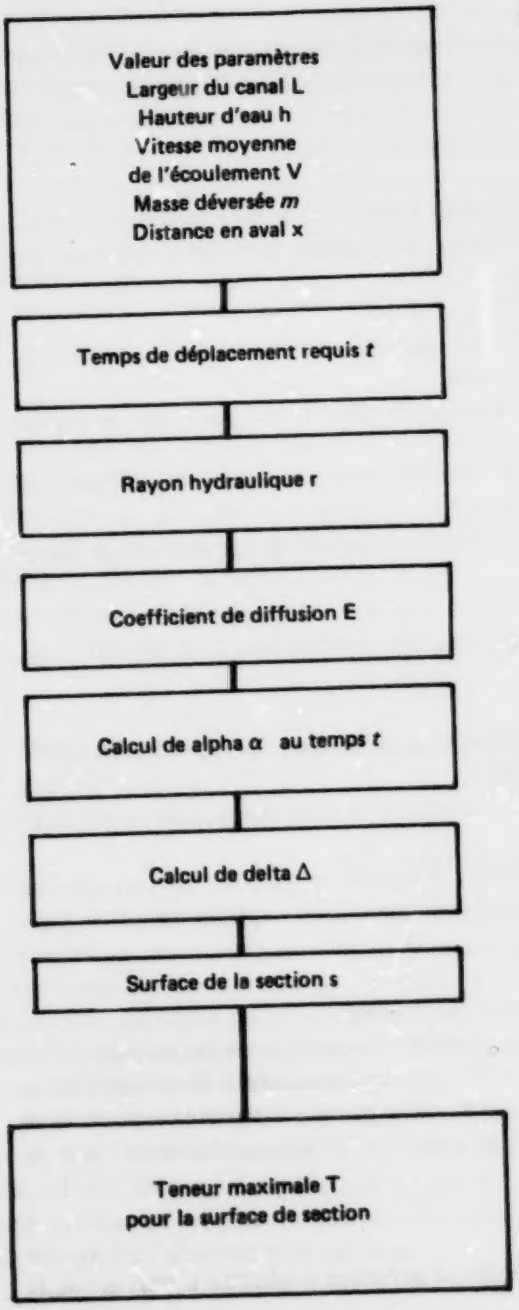
---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion; leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 5

CHLORURE DE SODIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1 Par observation ou évaluation

L = _____ m
h = _____ m
V = _____ m/s
m = _____ tonnes
x = _____ m

Étape 2 *t* = _____ mn (fig. 6)

Étape 3 r = _____ m (fig. 7)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 8)

Étape 5 α = _____ (fig. 9)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 10)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 11)

Figure 6

CHLORURE DE SODIUM — **DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS**

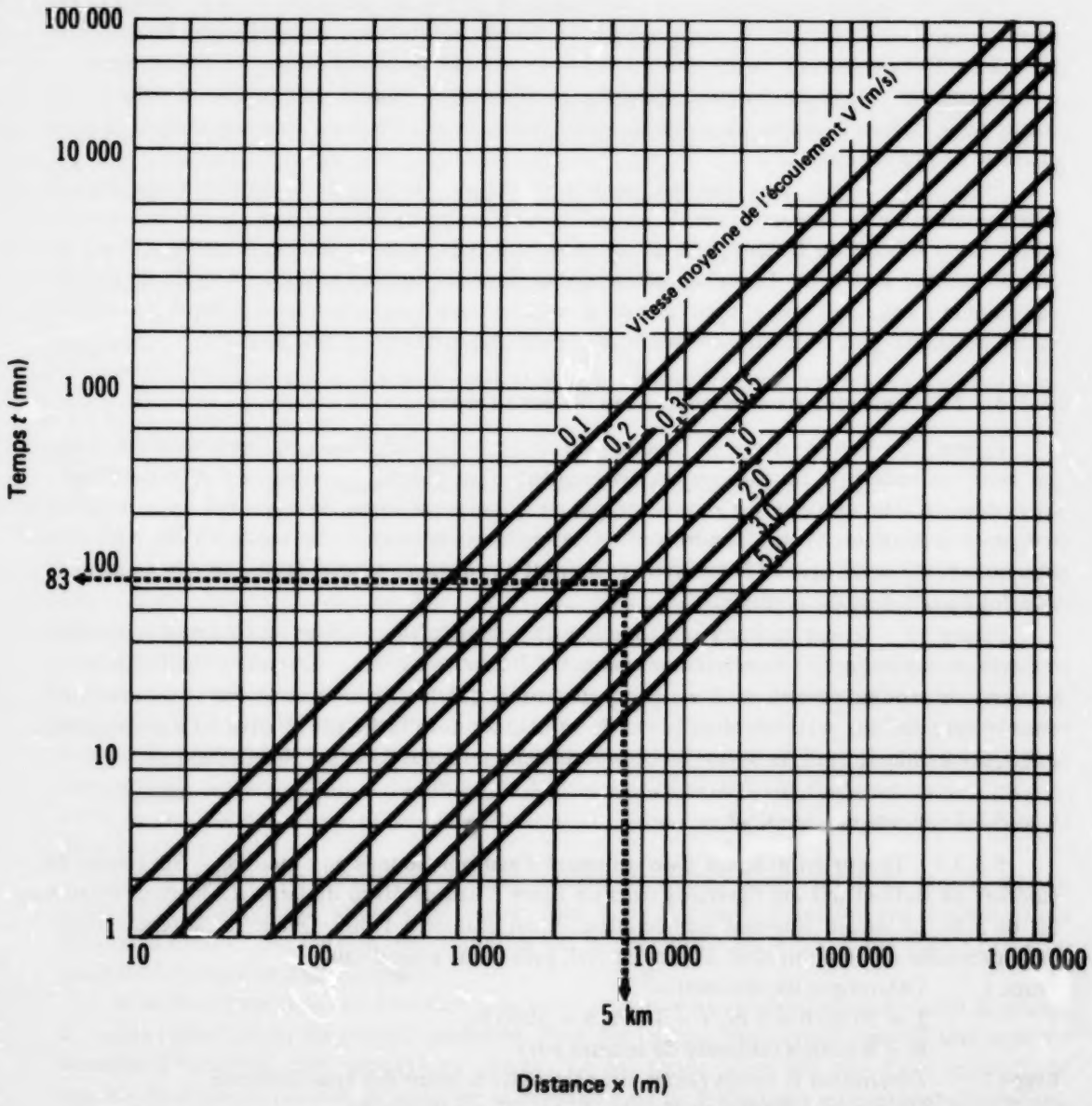


Figure 7 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé B. La figure 7 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 8 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 9 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps t requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 10 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la quantité de produit déversé.

Figure 11 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, il est facile de trouver la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.3.2.2 Diffusion dans les plans d'eau ou lacs au repos

Figure 12 Volume d'eau en fonction du rayon. – Le plan d'eau (ou l'étendue d'eau calme [ni vent, ni courant]) touché par le déversement d'un produit miscible (à l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représenté par un cylindre théorique de rayon r et de profondeur h égale à la hauteur d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 12. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 13 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de produit déversé m. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.3.3 Exemples de calcul

5.3.3.1 Teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées. – Six tonnes de chlorure de sodium ont été déversées dans un cours d'eau de 50 m de large. La hauteur d'eau h est de 5 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m;
m = 6 tonnes (chlorure de sodium pur)

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse.
Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (figure 6).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (figure 7).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (figure 8).

Étape 5 Déterminer alpha.
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (figure 9).

Étape 6 Déterminer delta.
Comme α = 2000 et m = 6 tonnes (chlorure de sodium pur), Δ = 3 (figure 10).

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse.
Comme Δ = 3 et s = 250 m^2, T = 12 ppm (figure 11).

5.3.3.2 Teneur en polluant dans les plans d'eau calme ou lacs au repos. – Six tonnes de chlorure de sodium ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
h = 5 m; r = 1000 m; m = 6 tonnes (chlorure de sodium pur)

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion
Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = 1,5 x 10^7 m^3 environ (fig. 12).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne
Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et m = 6 tonnes, la teneur moyenne est de 0,45 ppm (fig. 13).

5.4 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.4.1 Mécanismes. – Les principes de la migration des polluants dans le sol et leur application en ce qui a trait à la présente plaquette, ont été expliqués dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Nous n'aborderons donc ici que des points particuliers qui sont à considérer advenant le déversement de chlorure de sodium et sa migration dans le sol.

Le chlorure de sodium est transporté à l'état solide et en cas de déversement, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec au moment du déversement et que le nettoyage de l'aire polluée est terminé avant qu'il ne pleuve. Par contre, si le sol est humide soit à la suite de précipitations atmosphériques soit parce qu'on a utilisé de l'eau pour le nettoyage de l'aire polluée, il y aura dilution du produit et la contamination des eaux souterraines est à prévoir. Dans le cas présent, nous supposons l'infiltration d'une solution de chlorure de sodium (à 20 p. 100 en poids).

L'évaporation sera minime et la quasi totalité du produit dilué s'infiltrera dans le sol. Au cours de la migration du chlorure de sodium dans le sol, il y aura interaction principalement par échange d'ions, ce qui n'empêchera toutefois pas la migration vers le bas d'une bonne partie du produit et de tous les ions échangés.

Si le déversement se produit alors que le sol est saturé en eau (abondantes chutes de pluie), il y aura ruissellement du produit solubilisé. Pour nos calculs, nous avons supposé une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle capable de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au pire scénario.

(suite à la p. 29)

Figure 7

CHLORURE DE SODIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

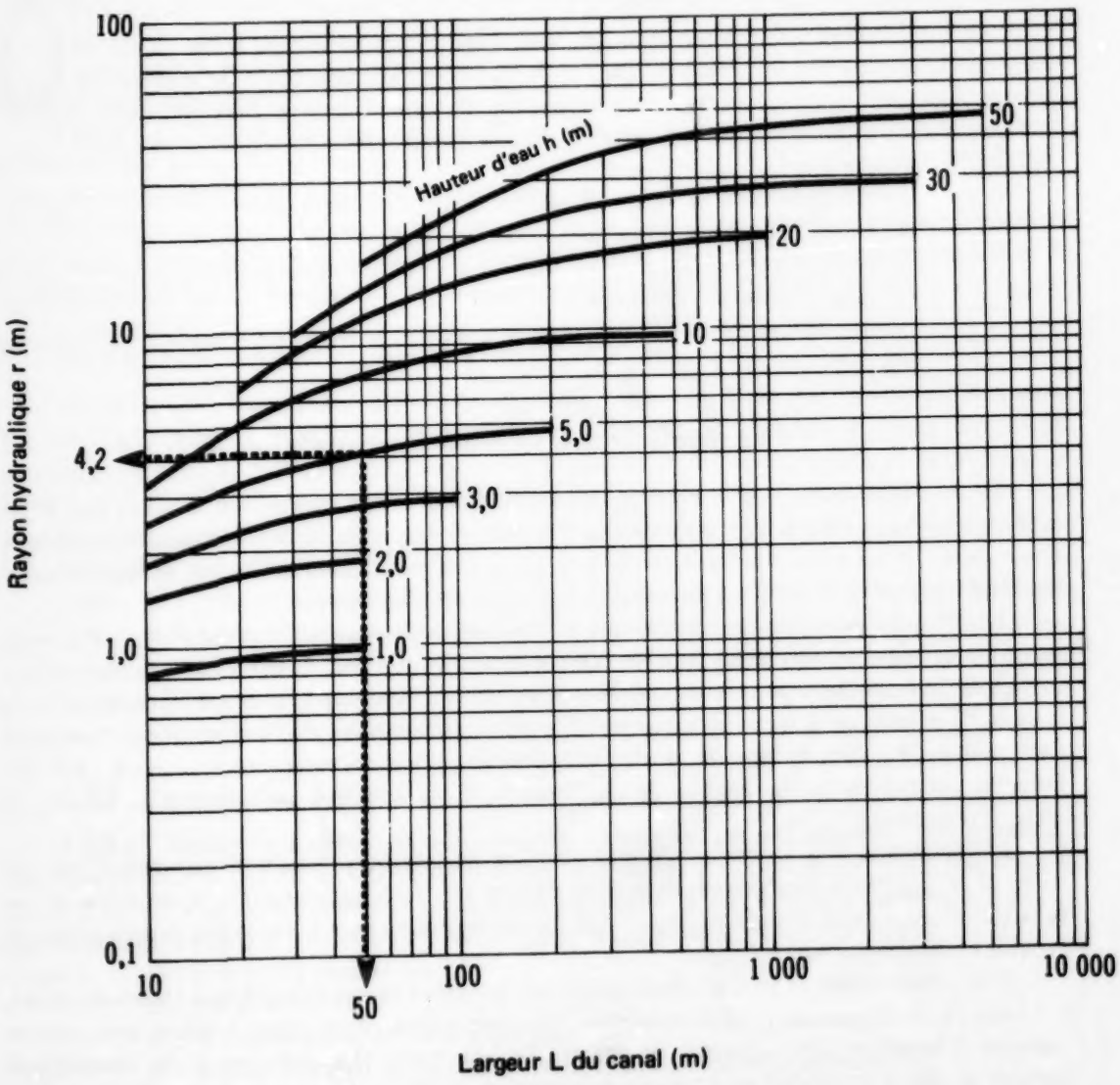


Figure 8

CHLORURE DE SODIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

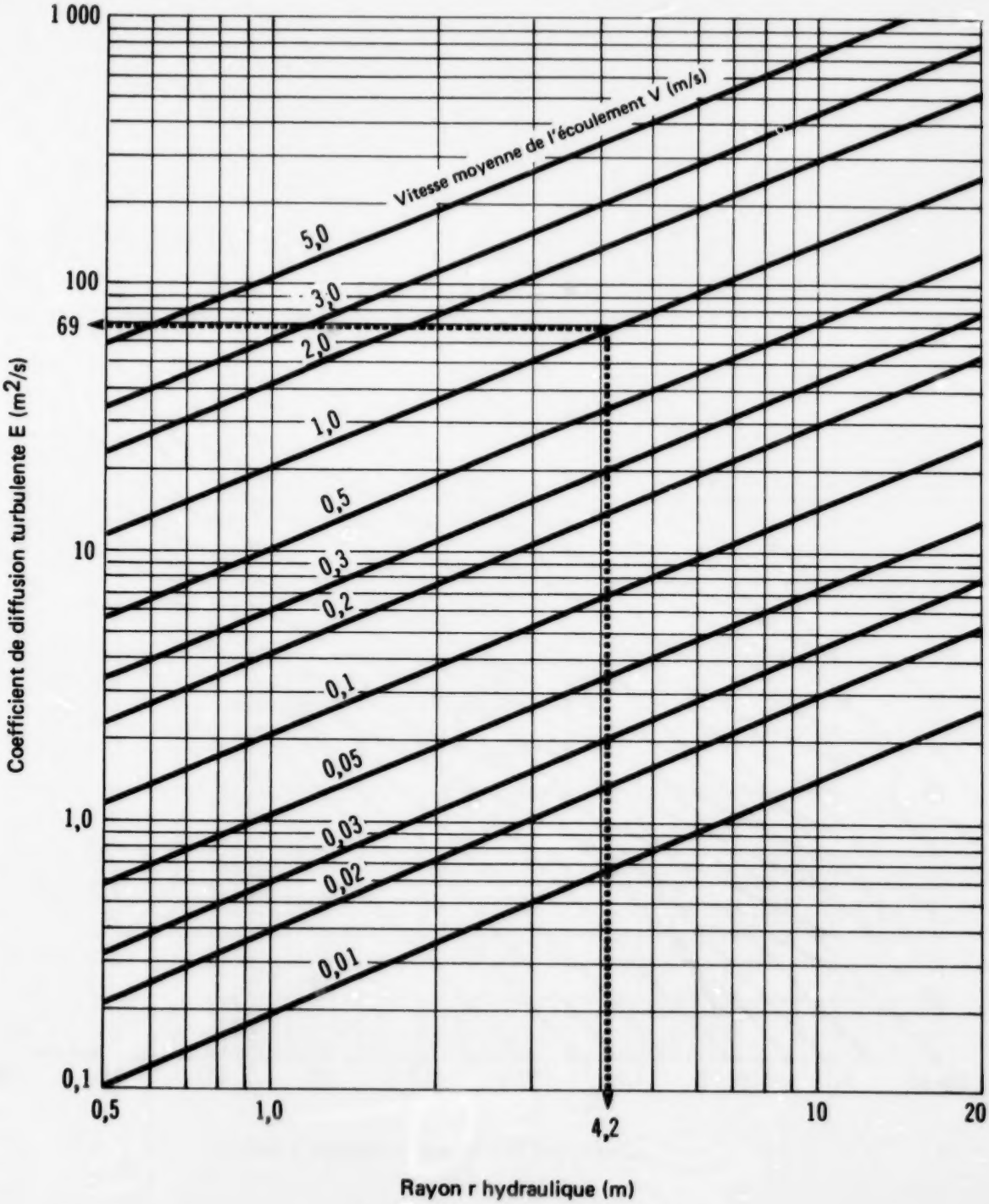


Figure 9

CHLORURE DE SODIUM

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

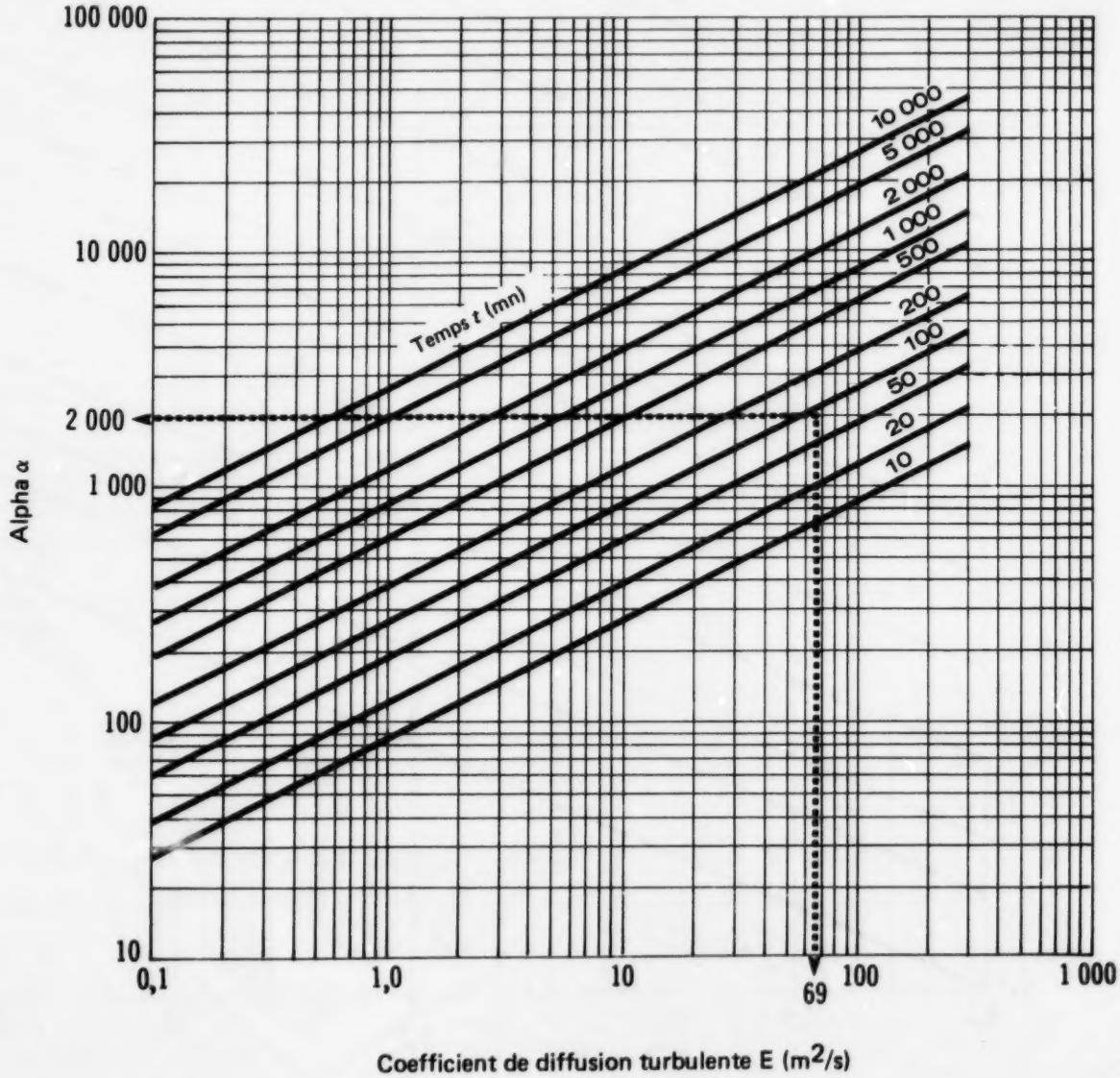


Figure 10

CHLORURE DE SODIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

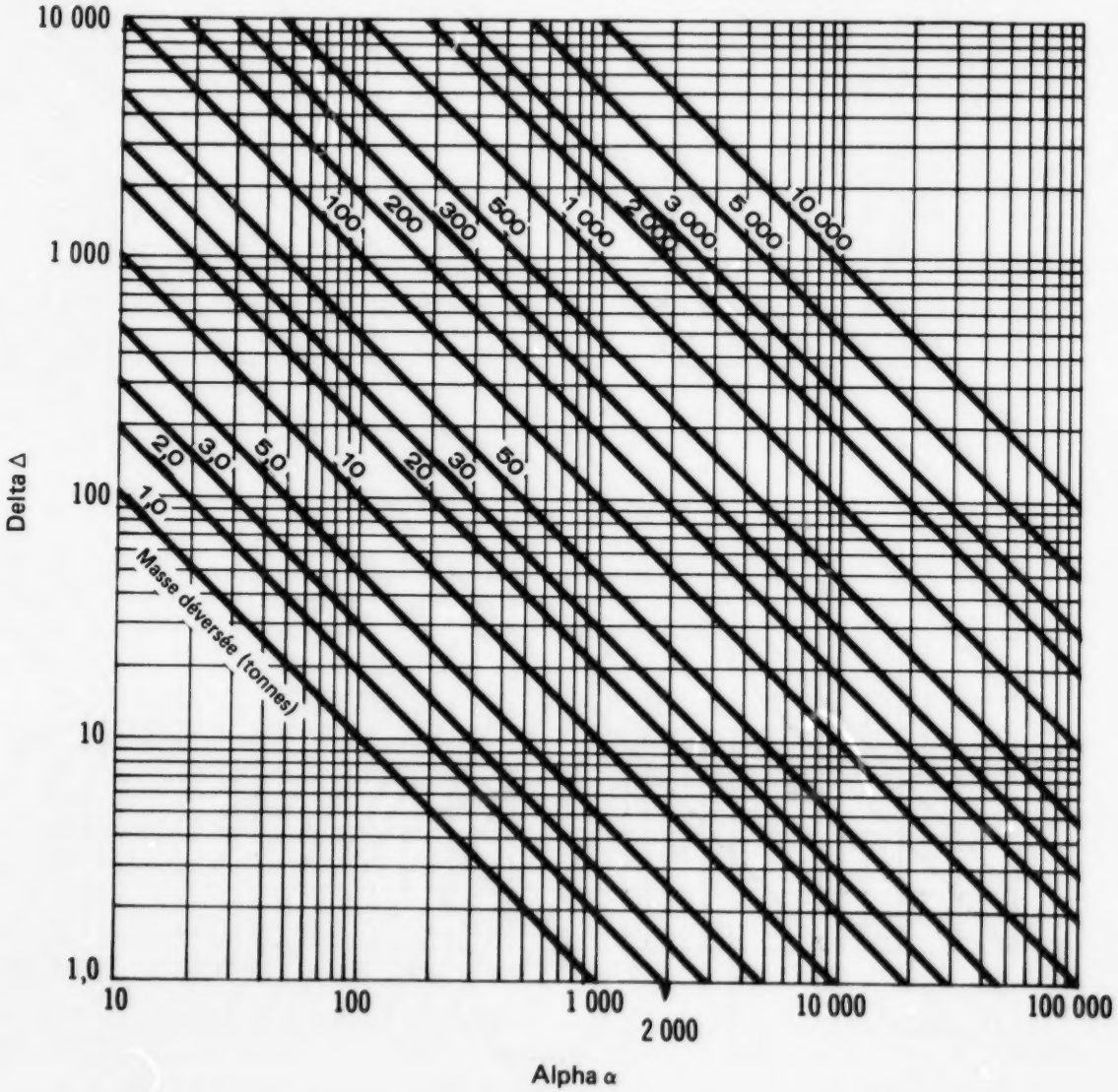


Figure 11

CHLORURE DE SODIUM — TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA

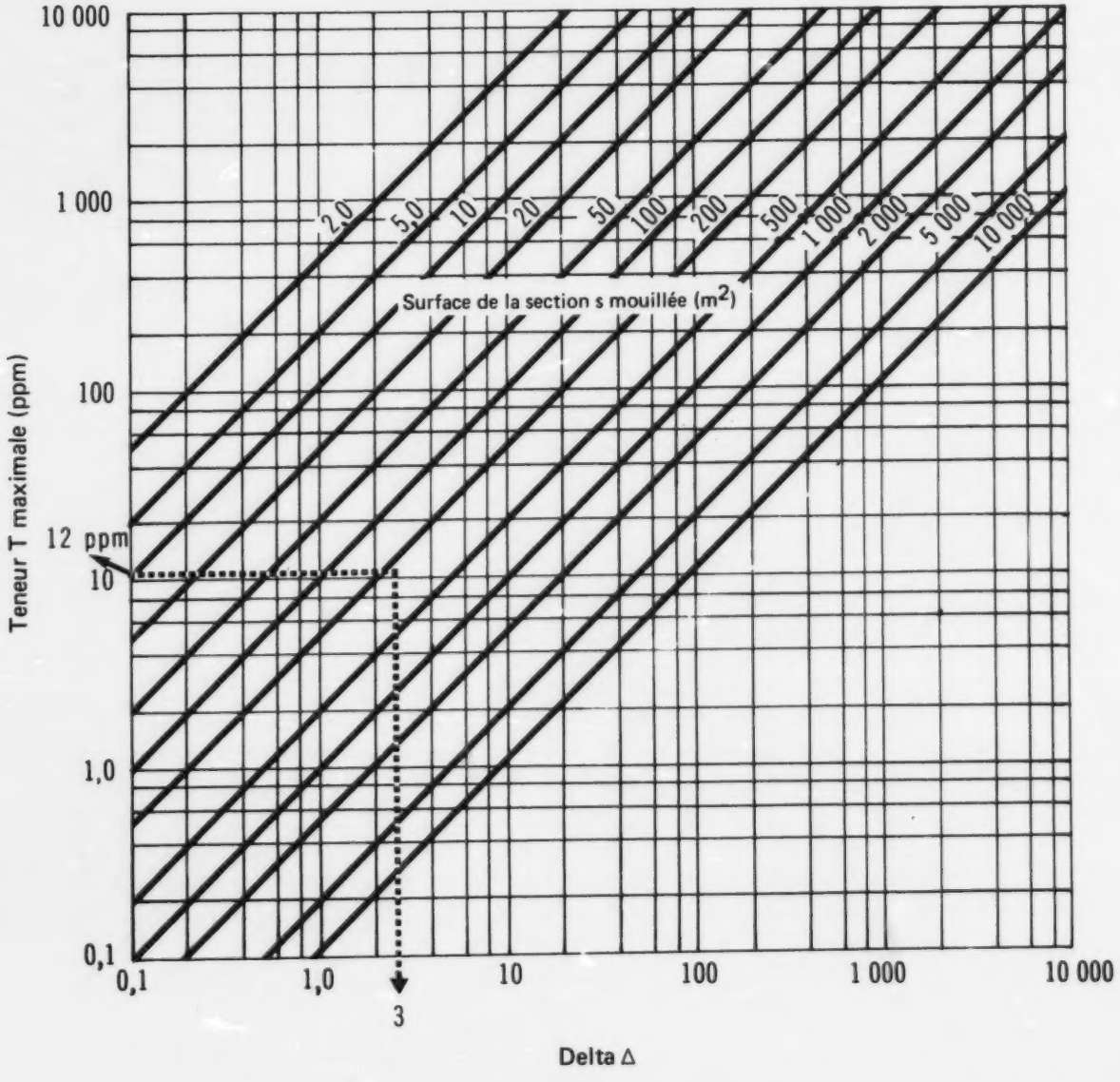


Figure 12

CHLORURE DE SODIUM

VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE DE LA ZONE DANGEREUSE

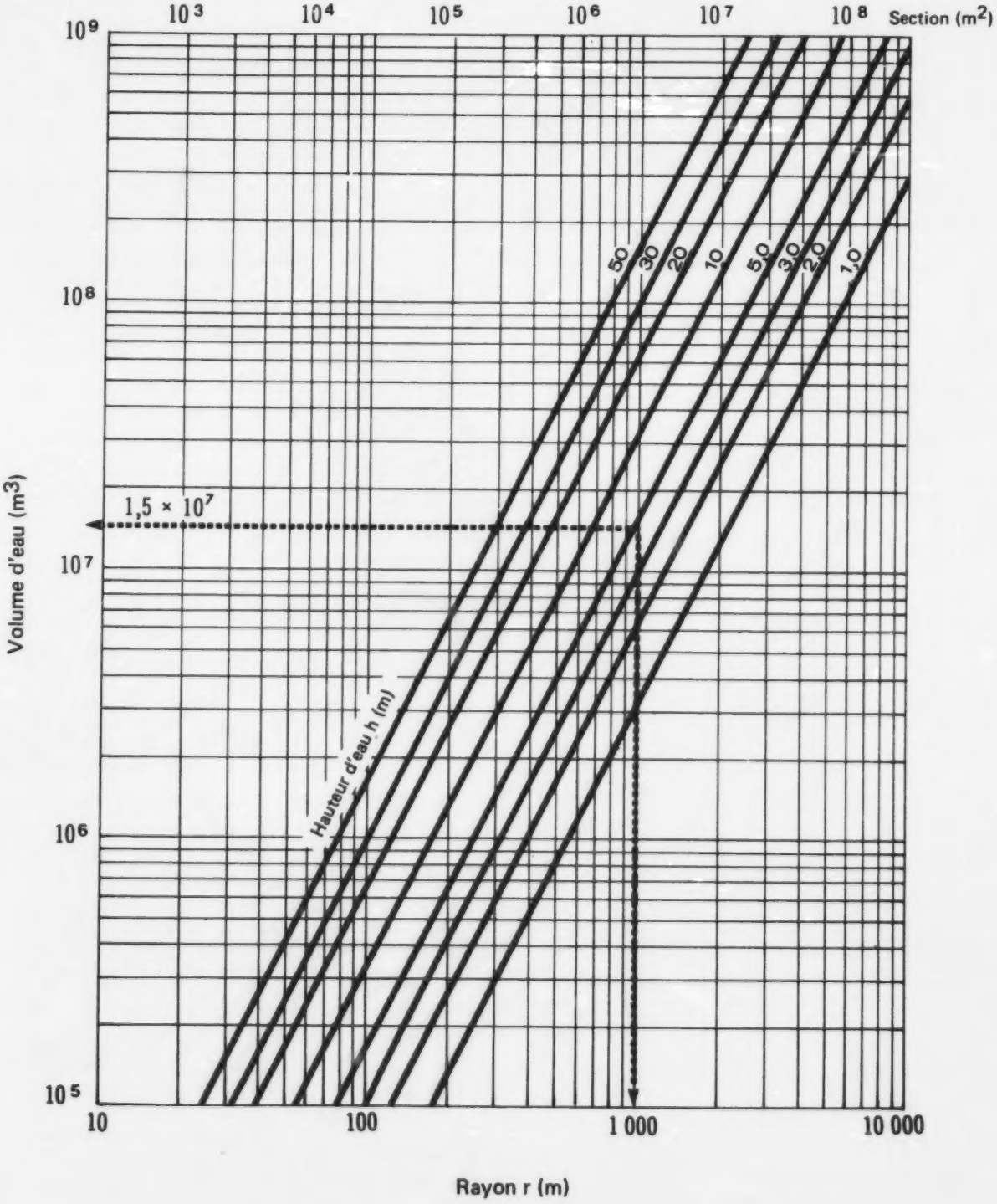
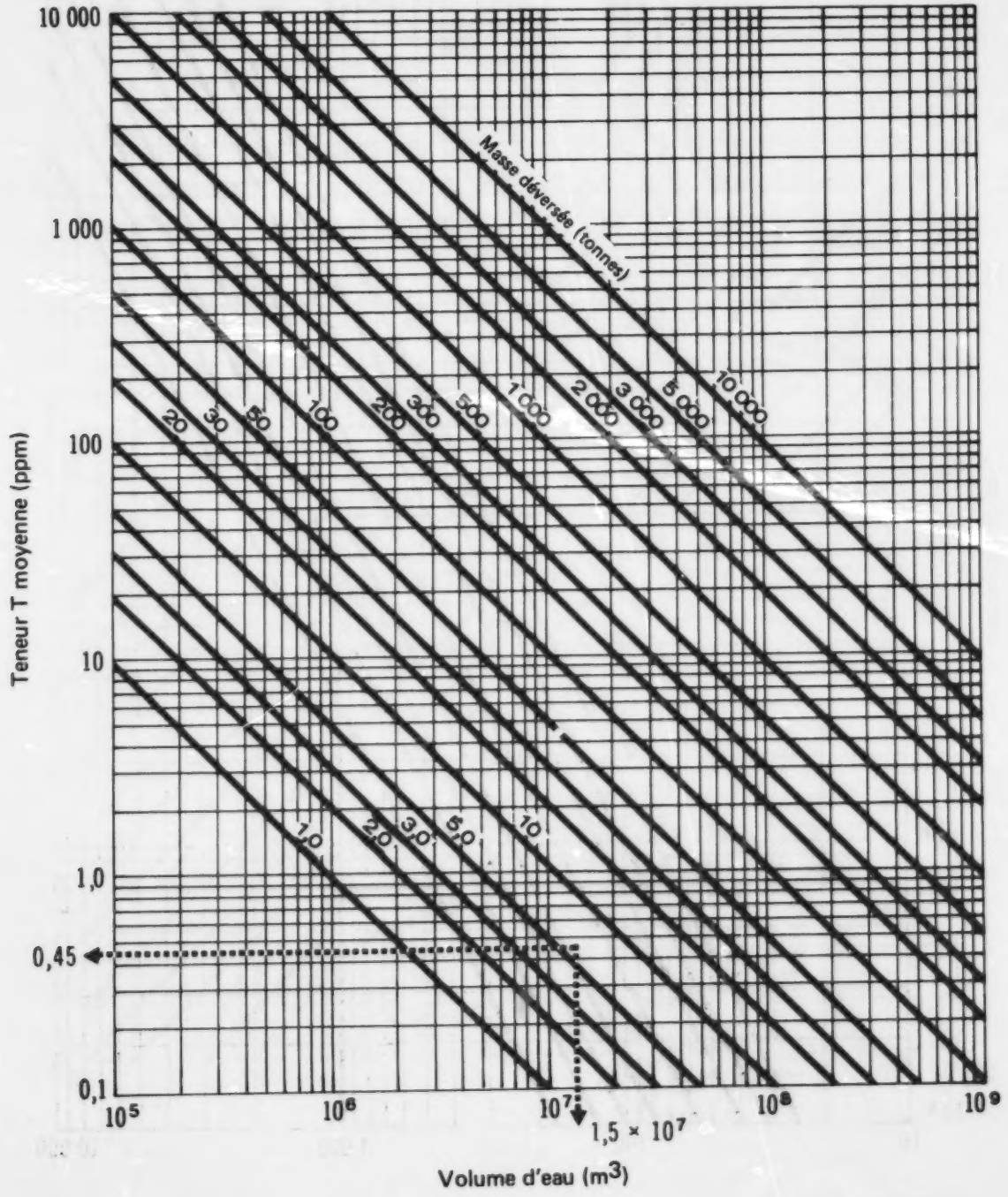


Figure 13

CHLORURE DE SODIUM

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU DE LA ZONE DANGEREUSE



Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue à se déplacer mais dans la direction de l'écoulement de l'eau souterraine. Il forme une poche de pollution au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant (voir figure 14).

5.4.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée d'un sol, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.4.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. – Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Dans le cas présent, les fluides possibles sont: solution de chlorure de sodium (20 p. 100 en poids), eau.

Valeurs établies pour les fluides

	Chlorure de sodium à 20 %		Eau
Propriétés	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique ρ (kg/m^3)	1,148	1,154	1,000
Viscosité absolue μ (Pa . s)	$2{,}3 \times 10^{-3}$	$3{,}2 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité d'un sol saturé K_0 (m/s)	$(0{,}49 \times 10^{7})k$	$(0{,}35 \times 10^{7})k$	$(0{,}98 \times 10^{7})k$

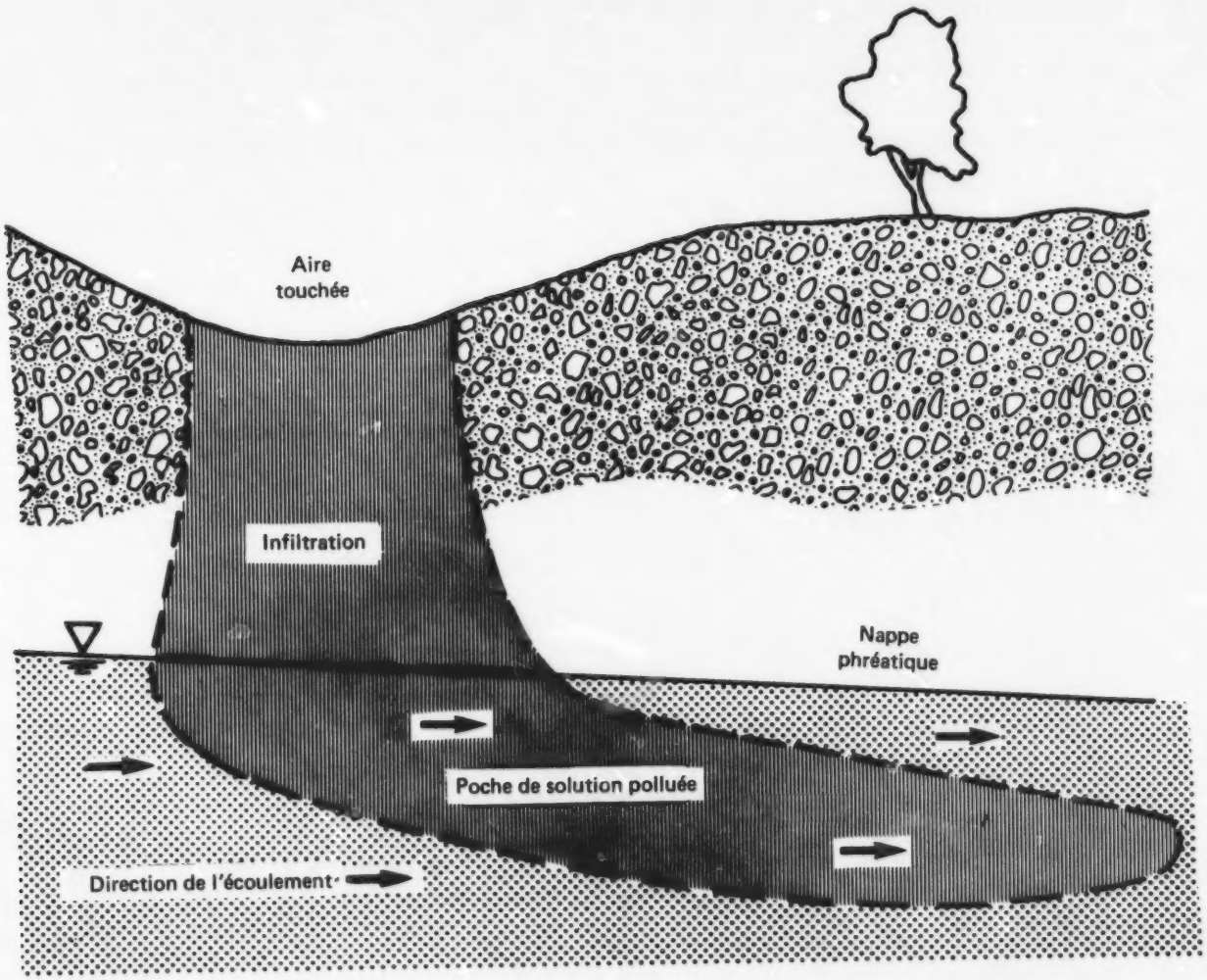
5.4.4 Types de sol. – Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

Valeurs établies pour les sols

Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

Figure 14

CHLORURE DE SODIUM — MIGRATION DANS LE SOUS-SOL



Sol: sable grossier non saturé
Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, Capacité au champ = 0,075

5.4.5 Nomogrammes de la migration. – Un nomogramme de la migration du chlorure de sodium dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 15 le plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 16 à 18. À noter que la droite représentant la profondeur atteinte par l'eau indique la profondeur (ou hauteur) maximale atteinte par le chlorure de sodium dilué à l'extrême par l'eau.

5.4.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de chlorure de sodium ont été déversées sur un sol de sable grossier. En raison d'une pluie diluvienne, le produit se trouve à l'état de solution à 20 p. 100. La température est de 20 °C; la nappe a un rayon de 8,6 m. Calculer la profondeur atteinte par le polluant 35 mn après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres. $m = 20$ tonnes; temp. = 20 °C; r = 8,6 m; type de sol: sable grossier; profondeur de la surface de saturation: 13 m; $t = 35$ mn.

Étape 2 Calculer la surface de l'aire polluée. Surface = $\pi r^2 = 232\ m^2$.

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 35 mn. Dans le cas du sable grossier, la profondeur atteinte est de 10,3 m. Le polluant n'a pas atteint la nappe phréatique.

Figure 15

CHLORURE DE SODIUM **PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES**

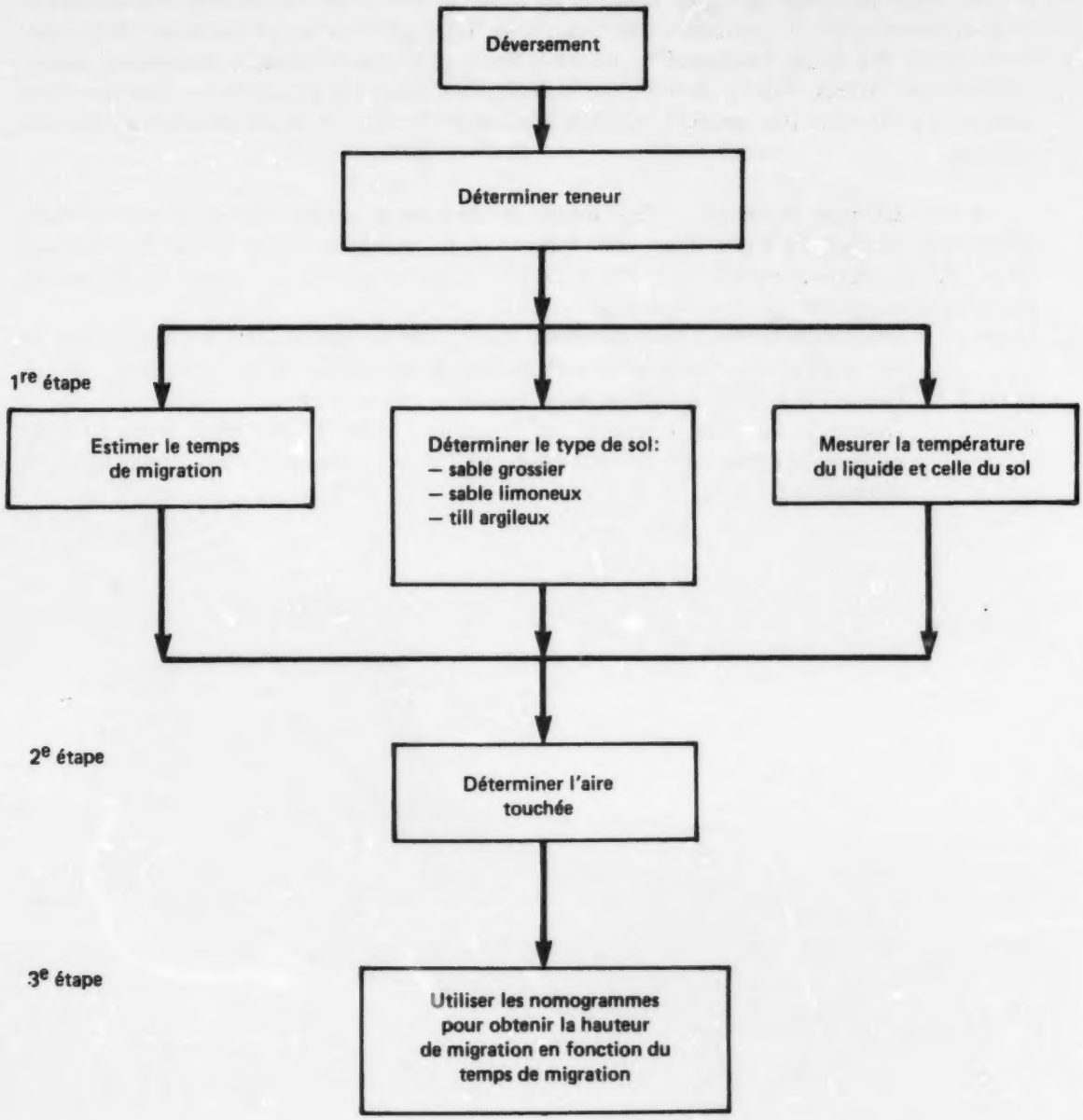


Figure 16

CHLORURE DE SODIUM **MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER**

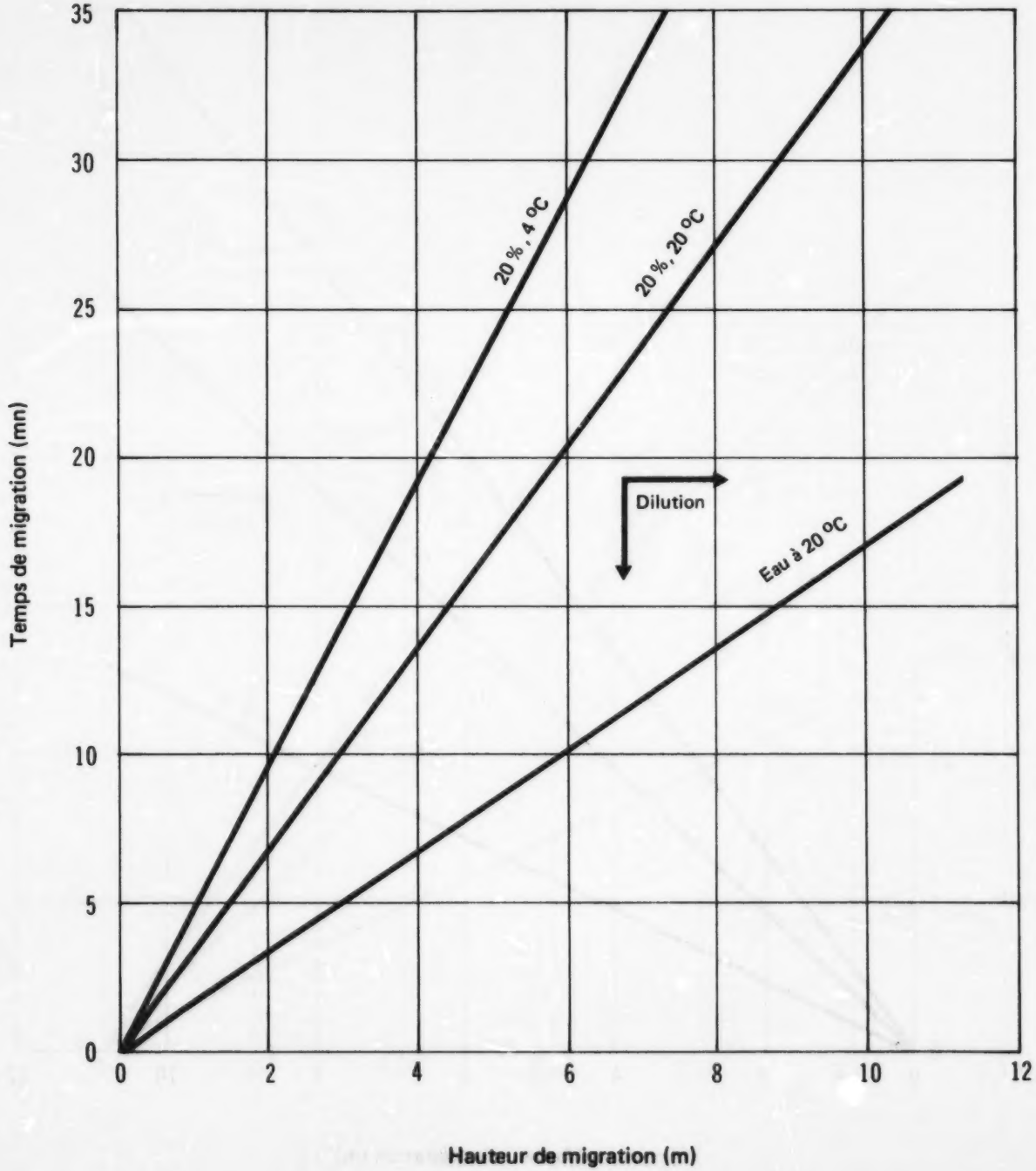


Figure 17

CHLORURE DE SODIUM — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

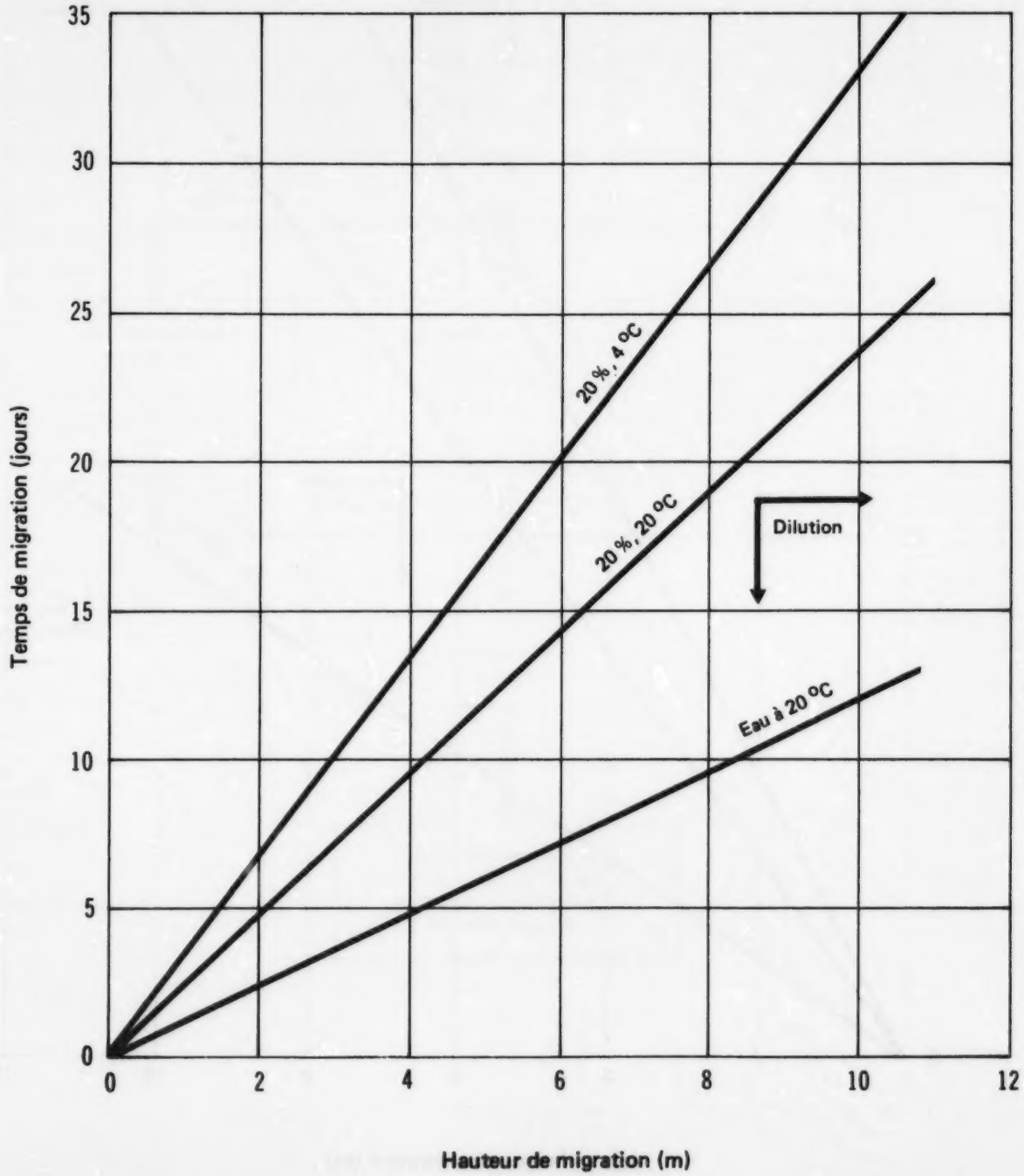
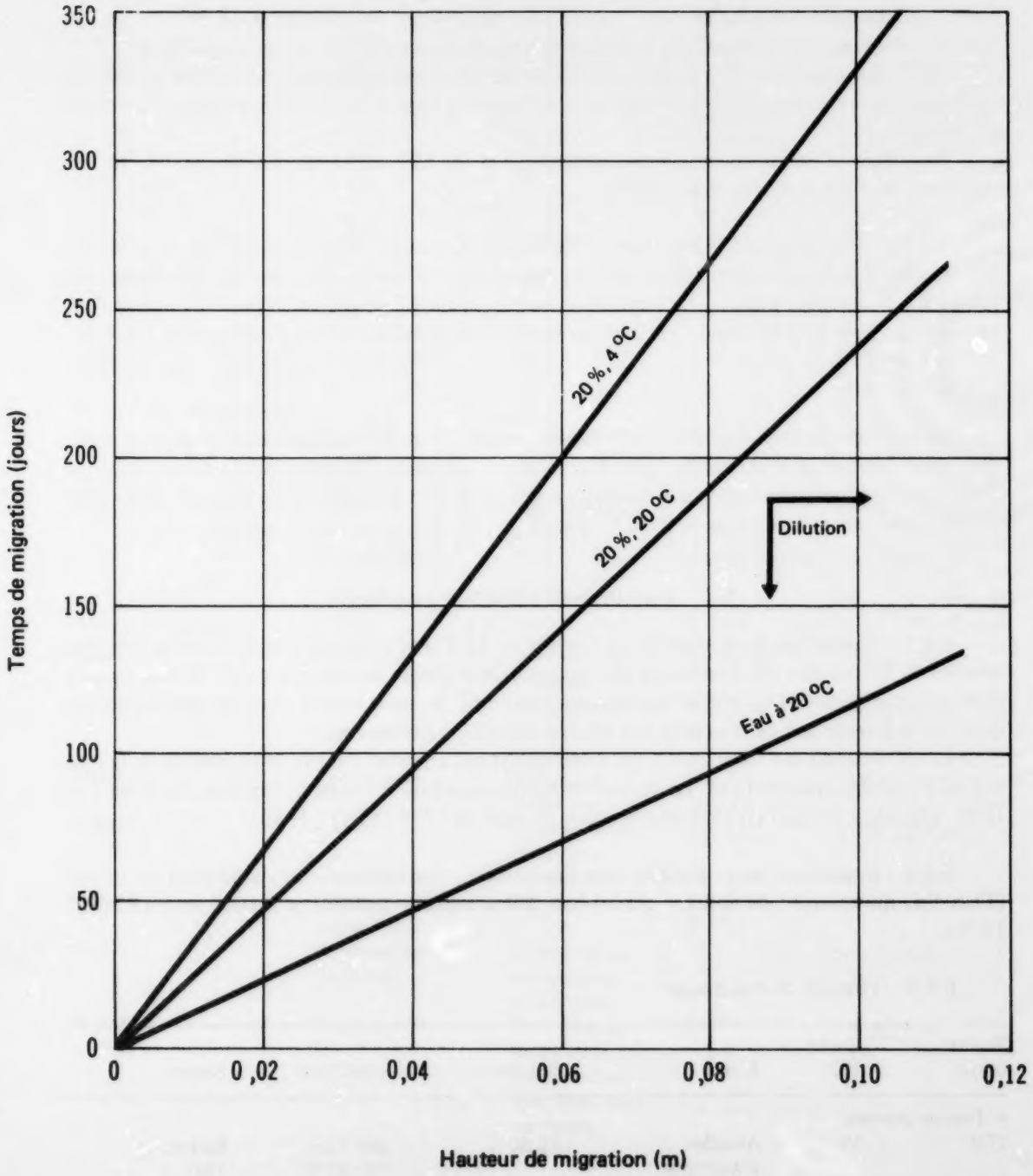


Figure 18

CHLORURE DE SODIUM — MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Eau

6.1.1.1 Situation au Canada. – La teneur maximale admissible est de 250 mg de Cl^-/l pour l'eau destinée à des utilisations domestiques, agricoles et industrielles (GCDWQ, 1978). Au-delà de cette teneur, l'eau ainsi que les boissons préparées avec celle-ci ont un mauvais goût.

En ce qui concerne l'eau potable, la teneur devrait être inférieure à 250 mg/l; d'ailleurs, les autorités sanitaires concernées devraient être informées si l'eau potable contient plus de 20 mg de Cl^- par litre.

Pour l'eau d'irrigation, la norme admissible est de 150 mg/l mais idéalement devrait être inférieure à 70 mg de Cl^-/l (NRCC, 1980).

6.1.1.2 Situation aux États-Unis. – Le critère étatsunien pour la qualité des eaux de surface (1968) donne une teneur maximale admissible de 250 mg de chlorures par litre pour l'eau provenant d'aqueducs publics. La limite souhaitable est fixée à moins de 25 mg/l. La norme fixée par les États-Unis en 1962 pour l'eau potable est de 250 mg/l (WQCDB-2, 1971).

6.1.2 Air

La documentation consultée ne mentionne aucune limite et il ne semble pas exister de lignes directrices relatives à la teneur de l'air en chlorure de sodium. On estime à 813 tonnes les émissions annuelles en provenance des procédés à la saumure et à 2200 tonnes les rejets atmosphériques par les mines de sel gemme (NRCC, 1980).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité au Canada. – Le Canada n'a pas pris de mesures qui limiteraient la teneur des eaux naturelles en chlorure de sodium, dans le but précis de protéger les espèces aquatiques (WQS, 1979). Au-delà de 3000 mg/l, le sel est nocif pour les espèces aquatiques et l'augmentation de la salinité entraîne la disparition des espèces.

Le sel répandu sur les routes a été directement mis en cause dans la détérioration de la qualité de l'eau des Grands Lacs. La teneur en sel des lacs Érié et Ontario, qui était de 7 mg/l en 1900, s'élevait à 25 mg/l en 1960 et atteignait 28 mg/l en 1978 (NRCC, 1980).

6.2.2 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) du chlorure de sodium correspond à des teneurs supérieures à 1000 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.3 Toxicité en eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
A. Pour les poissons					
17,9	96	Anguille d'Amérique (stade hyalosome)	TL 50	pH: 7,2 à 7,6; 22 °C	Spehar, 1981

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
2900	192 à 216	Épinoches à 9 épines	TL 50		NRCC, 1980
30 (Na^+)	96	Crapet arlequin	TL 50	$NaAsO_2$, 13 à 14 °C	WQCDB-5, 1973
12 940	96	Crapet arlequin	TL 50	Eau de dilution synthétique	WQCDB-5, 1973
18 100	48	Gambusie	TL 50	Eau trouble	WQC, 1972
13 750	24	Ménés	TL 50		WQC, 1972
420 (Na^+)	48	Gambusie	TL 50	Eau trouble; $Na_2Cr_2O_7$	WQC, 1972
26 (Na^+)	96	Truite arc-en-ciel	TL 50	$NaAsO_2$	WQC, 1972
29 (Na^+)	48	Queue à tache noire	TL 50	$NaAsO_2$	WQC, 1972
Solution à 5 %	15 mn	Omble de rivière	Mort		Spehar, 1981
2500	216 à 576	Méné de rivière	Mort		NRCC, 1980
B. Pour les micro-organismes					
2430	5 j	*Nitzchia linearis* (diatomée)	TL 50	Eau de dilution synthétique	WQCDB-5, 1973
1,4	Non précisé	Daphnidés (*Simocephalus*)	Seuil d'immobilisation	26 °C	WQC, 1972
3630	64	*Daphnia magna*	50 % immobilisés	Eau du lac Erié, 25 °C	WQCDB-5, 1971
C. Pour les végétaux					
4800		*A. falcatus* (algue verte)	Inhibition de la croissance (50 %)	Eau de lac	Nriagu, 1979
29 000		*A. falcatus* (algue verte)	Croissance totalement inhibée	Eau de lac	Nriagu, 1979
4 (Na^+)		Zooplancton	Réduction importante	Eau de lac, $NaAsO_2$	WQC, 1972
4 (Na^+)		Potamot	Décomposition totale en 2 semaines	Eau de lac	WQC, 1972
4 (Na^+)		*Cladophora* (algue verte)	Idem	Eau de lac	WQC, 1972
9000		Potamogeton (potamot)	Arrêt total de la croissance (1 semaine)		WQCDB-3, 1971
15 000		Potamot	Réduction générale de la croissance; teneur létale pour un certain nombre		WQCDB-3, 1971

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
D. Pour les invertébrés					
50 000 à 60 000	Non précisé	Corises	Mort	Eau de lac	NRCC, 1980
Salinité de 5 à 40 %	Non précisé	Larves de crabe	45 à 100 % de mortalité	15 à 19 °C	Jorgensen, 1979
Salinité de 15 à 48 %	Non spécifié	Larves de crabe	Tous les sujets sont morts	14 °C	Jorgensen, 1979
6200	96	Escargots	TL 50		WQC, 1972
9000	24	Trichoptères	TL 50	Eau douce	WQC, 1972
45	96	Perles	TL 50	$NaAsO_2$, 15,5 °C	WQC, 1972
895	24	Amphipodes (gammares)	TL 50	$NaSiO_3$	WQC, 1972
1,096	36 mn	*Nais sp.* (vers)	Temps de survie moyen	Eau dure	WQCDB-3, 1971

6.3 Toxicité pour d'autres espèces

6.3.1 Toxicité pour le bétail et la volaille

Teneur (mg/l)	Espèces	Résultat	Conditions	Source
1,0 à 2,1 g/kg	Dindes (3 mois)	Niveau physiologique dans le foie		Kacmar, 1980
2,5 g/kg	Dindonneaux (1 à 12 j)	Mortalité élevée; oédèmes et ascites	90 ou 105 mM de NaCl dans de l'eau du robinet	Pang, 1979
5 % NaCl dans le complément protéinique	Bovins	Sur 6, 2 sont morts; troubles du SNC		Sandals, 1978
7000 (360 mg/kg/jour)	Bovins	Perte de poids	Eau potable	WQCDB-2, 1971
15 000 (800 mg/kg/jour)	Bovins	Réduction de la consommation d'eau	Eau potable	WQCDB-2, 1971
15 à 17 600 (8 à 900 mg/kg/jour)	Bovins	Maladie ou mort	Eau potable	WQCDB-2, 1971

6.3.2 Toxicité pour l'avifaune

Teneur (g/kg)	Espèce	Résultat	Source
0,95 à 2,37	Faisans	Accumulation dans le foie	Kacmar, 1980
3,4; 5	Faisans	Teneur dans le foie de 2,5 à 6 fois supérieure à la normale	Kacmar, 1980

6.3.3 Toxicité pour les végétaux

Teneur (mg/l)	Espèces	Résultat	Source
Inconnue (sel pour dégivrage)	Cèdre blanc	Nécrose du feuillage avec humidité relative entre 91 et 100 %	Foster, 1980
> 4 (Cl^-)	Conifères	Arbres endommagés, augmentation de la teneur en chlorures dans le feuillage	NRCC, 1980
4 à 10	Érables	Arbres endommagés, augmentation de la teneur en chlorures dans le feuillage	NRCC, 1980
5	Foin	Légers dommages	NRCC, 1980
10 % (après 28 jours de floraison)	Riz	Production réduite à 41 % par rapport à la normale	Samantaray, 1979
12 g/l	Tournesol	Germination inhibée de 40 %	Gharsalli, 1979

6.4 Études sur les effets toxiques

6.4.1 Bétail. – Lorsque l'alimentation du bétail contient un fort excédent de sodium, il se produit une rétention d'eau, une déshydratation intracellulaire et l'animal peut mourir par suite d'une rétention sodique.

Pour établir si l'alimentation des animaux a une teneur trop élevée en sel, et peut par conséquent être toxique, il faut connaître la teneur en sodium des divers aliments qui la composent.

L'herbe fraîche contient entre 0,2 à 2,5 g de sodium par kilo, dépendant de la teneur en potasse des engrais; les céréales contiennent entre 0,1 à 0,7 g de sodium par kilo et les légumineuses fraîches, entre 2 à 8 g par kilo (NRCC, 1980).

Les animaux peuvent en général tolérer une alimentation riche en sel pour autant que l'eau d'abreuvage soit non salée et abondante. Une eau contenant un excès de sodium est nocive (Sandals, 1978).

Une eau d'abreuvage est considérée *bonne* si elle contient au plus 100 mg de sodium par litre, sous forme de solides dissous; entre 2500 et 4000 mg/l, elle est *médiocre*, quoique utilisable. Au-delà de 10 000 mg/l, elle est *toxique* (NRCC, 1980).

6.4.2 Végétaux. – Certains arbres fruitiers tolèrent mal des teneurs importantes en ions chlorure dans l'eau d'irrigation et réagissent également à un excédent de sel (WQS, 1979).

L'épandage de sel sur les routes peut être dommageable pour la végétation qui croit en bordure des routes. Le sel peut endommager les plantes soit par absorption par les racines tant en été qu'en hiver, soit par rejaillissement direct sur les parties aériennes de la plante pendant l'hiver.

Les plantes herbacées sont plus résistantes au sel que les arbres, mais la plupart sont sérieusement endommagées lorsque la teneur du sol en chlorure de sodium dépasse 1 g/kg (NRCC, 1980).

Des études conduites sur diverses espèces d'arbres indiquent que les changements dans les teneurs en oligo-éléments liés aux teneurs en sel sont aussi fréquents chez les espèces sensibles au sel que chez les espèces résistantes (Townsend, 1980).

6.5 Effets sur le sol

6.5.1 Effets sur la chimie du sol (NRCC, 1980). – L'extraction du sel gemme et l'épandage de sel sur les routes sont les principales sources d'exposition de l'environnement au sel. Des quantités excessives d'ions chlorure et sodium dans le sol peuvent en diminuer la fertilité.

L'épandage répété de sel pour le déglaçage des routes peut augmenter la salinité du sol en bordure des routes et détériorer ses propriétés physiques.

6.6 Autres effets

Il arrive que le chlorure de sodium soit stocké à l'air libre directement sur le sol, et son lessivage par l'eau de pluie peut polluer les eaux souterraines et les eaux de surface avoisinantes (NRCC, 1980).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Le chlorure de sodium est indispensable à la vie. C'est un produit d'usage courant qui, en général, ne constitue pas un risque pour la santé. À des températures et pressions normales, c'est un cristal stable. L'inhalation de fines particules de sel peut causer une irritation locale. Le chlorure de sodium fait monter la pression sanguine et constitue donc un danger pour les hypertendus et les personnes portées à faire de l'hypertension. Aucune des publications consultées ne traite de son pouvoir mutagène ou cancérogène. Une étude signale qu'il a eu un effet tératogène chez des souris qui avaient reçu une dose de 1900 mg/kg.

Nous n'avons trouvé aucune monographie ou étude consacrée aux effets toxiques du chlorure de sodium. Les données fournies plus bas traduisent l'information puisée dans les manuels courants et les banques de données sur la toxicité, à accès direct.

Les données toxicologiques qui suivent sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement lors d'un déversement. Lorsque jugé utile, nous avons complété les données s'appliquant à l'homme par des données recueillies chez des mammifères lors d'exposition de courte durée.

7.1 Normes d'exposition

Il n'existe aucune norme d'exposition pour le chlorure de sodium.

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effet	Source
• CHEZ LE LAPIN		
500 mg/kg (24 h)	Légère irritation	RTECS, 1979
50 mg/kg (24 h)	Légère irritation	RTECS, 1979

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effet	Source
• CHEZ LE LAPIN		
100 mg	Légère irritation	RTECS, 1979
100 mg (24 h)	Grave irritation	RTECS, 1979

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. — Aucune donnée.

7.3.2 Saveur

Paramètre	Milieu	Teneur (en mol/litre)	Source
Seuil de détection	Eau	$4{,}7 \times 10^{-3}$	ASTM, 1978
Seuil d'identification	Eau	2×10^{-3}	Idem
Seuil d'identification	Eau	$7{,}4 \times 10^{-3}$	Idem
Seuil d'identification	Eau	$6{,}8 \times 10^{-3}$	Idem
Seuil d'identification	Eau	$5{,}6 \times 10^{-3}$	Idem
Seuil d'identification	Eau	$2{,}2 \times 10^{-3}$	Idem
Seuil de goût	Eau	210 - 500 mg/l	GCDWQ, 1978

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation. – Aucune donnée.

7.4.2 Ingestion.

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
12 357 mg/kg	DT min., effets sur la pression sanguine	RTECS, 1979
8200 mg/kg (23 j)	DT min., effets sur la pression sanguine	ITII, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
8000 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
3000 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
4000 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.3 Administration par voie sous-cutanée

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ LE COBAYE		
2160 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
3500 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
3150 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979
1900 mg/kg	DT min., tératogène pour des souris gravides (10 à 11 jours)	RTECS, 1979

7.4.4 Administration par voie intraveineuse

Exposition (teneur)	Effets	Source
• CHEZ LE CHIEN 2000 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN 1100 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE COBAYE 2910 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS 645 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.5 Administration par voie intrapéritonéale

Exposition (teneur)	Effets	Source
• CHEZ LE CHIEN 364 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS 2602 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.6 Cancérogénicité et mutagénicité

Exposition (teneur)	Effets	Source
• CHEZ LA SOURIS 1900 mg/kg (voie sous-cutanée)	DT min.; effets tératogènes chez des souris gravides (10 à 11 jours)	RTECS, 1979

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle ou particulière sont référencés.

7.5.1 Inhalation. – Étant donné la faible toxicité du chlorure de sodium, les symptômes suivants sont liés à l'inhalation d'importantes quantités du produit en fines particules seulement.

1. Légère irritation des muqueuses nasales.
2. Éternuement.

7.5.2 Ingestion

1. Goût désagréable.
2. Nausées et vomissements.
3. Rétention d'eau, haut degré de toxicité (NRCC, 1980).

4. Chez les enfants, risque de coma et de convulsions pouvant persister en raison d'accident vasculaire (Dreisbach, 1980).
5. Hypertension.

7.5.3 Contact avec la peau. – Les symptômes qui suivent ne sont observés que si le produit est à l'état de solution concentrée.

1. Irritation.
2. Inflammation.
3. Petites ulcérations.

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation mécanique.
2. Larmoiement.
3. Inflammation des conjonctives.
4. Lorsque chauffé à haute température, le chlorure de sodium dégage des vapeurs irritantes pour les yeux.

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le chlorure de sodium et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
En général														
Eau										●		●		Kaufmann, 1960
Feu						●						●	Se décompose à 820 °C	Kaufmann, 1960
Corps														
Trifluorure de brome												●		Sax, 1979
Lithium		●											Les extincteurs au chlorure de sodium ne doivent pas être employés lors d'incendie où il y a présence de lithium; il y aura formation de sodium, ce qui activera le feu	NFPA, 1978
Acides sulfurique, borique, nitrique ou oxalique						●	●						Se décompose au contact de ces corps; formation d'un composé de sodium et de chlore ou d'acide chlorhydrique	Kaufmann, 1960

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les exposés qui suivent sont extraits de diverses publications. Leur formulation originale a été respectée pour éviter toute déformation de sens, et ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. Toutefois, la contradiction de certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers n'est qu'apparente. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. – Le chlorure de sodium est incombustible. S'il se trouve du chlorure de sodium sur les lieux d'un incendie, combattre le feu avec un extincteur approprié pour le matériau ou la substance en flammes. Éviter autant que possible d'arroser le chlorure de sodium avec de l'eau car cela compliquerait les opérations de nettoyage.

9.1.2 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.2.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir la fuite du produit si cela ne présente aucun danger.

9.1.2.2 Déversement sur le sol. – Récupérer le plus rapidement possible au moyen de pelles. Mettre le produit récupéré dans des fûts d'acier. Procéder à son élimination ou au recyclage. Si le produit est à l'état de solution, pomper dans des camions-citernes et procéder à l'élimination ou au recyclage du produit récupéré.

Lors d'un déversement de solutions salines, procéder comme suit (Teal, 1981; McLean, 1981; Webster, 1975):

- sur des sols organiques (c'est-à-dire en régions forestières et certaines régions agricoles): Récupérer le produit liquide qui s'est amassé dans les dépressions puis nettoyer à grande eau. Procéder immédiatement à l'application de produits chimiques (de préférence un mélange de nitrate de calcium et de gypse dans un rapport de 1:4) pour obtenir 1 Ca^{++} pour 3 Na^{+}. Si la surface du sol a été sérieusement endommagée, recouvrir avec de la tourbe

- sur des sols minéraux (régions agricoles en général): Ne pas nettoyer à grande eau après avoir récupéré le produit; appliquer des agents chimiques tel que mentionné ci-dessus. (Si un cours d'eau ou un plan d'eau poissonneux se trouve à proximité, ne pas utiliser de nitrate de calcium.) Étendre ensuite une couche de 5 cm de fumier, de tourbe ou de vieux foin sur la surface touchée.

9.1.2.3 Déversement dans l'eau. – En cas de déversement dans des eaux de surface ou souterraines, diluer le chlorure de calcium avec de grandes quantités d'eau jusqu'à ce que la teneur en chlorures soit tombée à moins de 1000 ppm, et traiter avec du gypse pour obtenir 1 Ca^{++} pour 3 Na^{+}. Procéder aux contrôles nécessaires pour évaluer l'étendue des dégâts.

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

10.1 Information générale

Le chapitre 10 donne en principe des renseignements qui permettent au lecteur de mieux comprendre le processus d'intervention et les mesures de lutte que requiert un déversement accidentel. Les cas rapportés sont choisis en fonction de certains critères; il ne faut pas voir dans le nombre de cas décrits une indication relative à l'ampleur ou à la fréquence des déversements.

Lorsqu'il y aura une nouvelle édition du présent guide, les auteurs procéderont à une mise à jour qui permettra de présenter dans ce chapitre toute information pertinente qui rendra compte du progrès des techniques d'intervention.

Bien que le déversement de chlorure de sodium ne soit pas exceptionnel, nous n'avons trouvé aucun document susceptible de fournir aux lecteurs des informations utiles sur les opérations de nettoyage.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du chlorure de sodium présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Électrode ionique spécifique (NIOSH, 1977). – La présente méthode permet de doser les chlorures à des teneurs variant de 0,1 à 1750 mg/m^3 (0,04 à 732 ppm de chlorure de sodium) dans un échantillon d'air de 200 l.

Un volume mesuré d'air (environ 200 l) est passé dans un impacteur contenant 10 ml d'une solution tampon d'acétate, à un débit de 2 litres par minute. L'échantillon est transféré dans un bécher de 50 ml et on ajuste le pH à 5 à l'aide d'une solution tampon d'acétate ou d'acide acétique. (La solution tampon d'acétate est préparée en dissolvant 41 g d'acétate de sodium dans 1 l d'eau et en ajustant le pH à 5 avec de l'acide acétique.) La teneur en chlorures est mesurée à l'aide d'une électrode spécifique et une électrode de référence à double jonction. Pour éviter l'interférence, il faut que la teneur en ion chlorure soit 300 fois supérieure à celle de l'ion bromure, 100 fois supérieure à celle du thiosulfate et 8 fois plus grande que la teneur en ammoniac. L'électrode peut être empoisonnée si l'ion sulfure est présent. Cette technique est très simple et rapide.

11.1.2 Titrage (APHA, 1977). – Cette technique vaut pour l'extraction de solutions renfermant entre 2 et 240 mg de chlorures par litre, c'est-à-dire des teneurs s'échelonnant entre 0,3 et 40 ppm pour un échantillon d'air de 200 l.

Les chlorures gazeux sont recueillis à l'aide d'absorbeurs ou d'impacteurs de verre fritté. Les chlorures particulaires sont recueillis par filtrage, par inertie (impacteur) ou par précipitation électrostatique. L'échantillon est extrait avec de l'eau. Le volume d'eau devrait être inférieur à 50 ml et le liquide extrait devrait contenir entre 12 et 0,1 mg de chlorures en solution (il peut être nécessaire de diluer). La solution est titrée avec une solution de nitrate de mercure 0,014 *N* en utilisant un indicateur mixte fait de diphénylcarbazone et de bleu de bromophénol jusqu'au point de virage bleu-violet. La limite supérieure de détection peut être repoussée indéfiniment en utilisant des volumes plus concentrés ou plus grands d'agent de titrage ou en divisant

les quantités en parties égales. Les ions de métaux lourds peuvent changer la couleur du virage mais n'ont pas d'effet sur la précision. Il ne peut y avoir plus de 2,5 mg d'ions ferrique et d'ions chromate au total. Les sulfites et les sulfures, s'il y en a, doivent être déchargés en utilisant le peroxyde d'hydrogène. Les ions iodure, bromure, cyanure et thiocyanate sont titrés et exprimés en chlorures. La méthode est simple et exige du matériel de laboratoire ordinaire.

11.2 Identification du chlorure de sodium dans l'air (méthode qualitative)

Procéder tel qu'indiqué en 11.1.2 et extraire l'échantillon avec de l'eau. La présence d'un halogène peut être déterminée par la formation d'un précipité blanc lorsque du nitrate d'argent 0,1 *N* est ajouté à la solution acidifiée.

Le précipité est insoluble dans l'acide mais soluble dans une quantité légèrement excédentaire d'ammoniaque (Moeller, 1958). L'épreuve de la flamme peut être utilisée pour détecter le sodium. La présence d'une flamme d'un jaune intense indique que la solution contient du sodium (Moeller, 1958).

11.3 Dosage du chlorure de sodium dans l'eau (méthodes quantitatives)

11.3.1 Colorimétrie (ASTM, 1979). – Des teneurs en chlorures allant de 0,02 à 10 ppm peuvent être déterminées par cette méthode.

Recueillir dans des bouteilles de verre des échantillons d'au moins 50 ml de l'eau à analyser. À 25 ml d'échantillon, ajouter 5 ml de solution d'alun ferrique et 2,5 ml de solution de thiocyanate mercurique préparée 24 h à l'avance et laisser reposer 10 minutes. (Solution d'alun ferrique: dissoudre 5 g de sulfate d'ammonium ferreux dans 20 ml d'eau, ajouter 38 ml d'acide nitrique concentré et diluer jusqu'à 100 ml. Solution de thiocyanate mercurique: dissoudre 0,30 g de thiocyanate mercurique dans 100 ml de méthanol. Laisser reposer 24 h.)

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 466 nm. Les ions bromure, iodure, thiosulfate, cyanure et nitrite produisent des interférences. La méthode est sensible et rapide et se prête à l'automatisation.

11.3.2 Titrage au nitrate mercurique (AWWA, 1976). – Cette méthode convient pour la détection de 0,15 à 10 mg de chlorures dans la portion d'échantillon qui est titrée. Pour un échantillon de 50 ml, cela équivaut à des teneurs de l'eau en chlorures s'échelonnant de 3 à 200 ppm.

Travailler avec un échantillon de 50 ml de l'eau à analyser ou une portion aliquote. On utilise un indicateur mixte composé de 5 g de diphénylcarbazone et de 0,5 g de bleu de bromophénol mélangés à 750 ml d'alcool isopropylique ou éthylique. Le pH est ajusté avec de l'acide nitrique 0,1 *N* jusqu'à ce que l'échantillon vire au jaune. Titrer avec du nitrate mercurique 0,141 *N*.

L'écart-type relatif est de 3,3 p. 100 et l'erreur relative, de 2,9 p. 100. Cette méthode ne peut être utilisée avec de l'eau trouble ou très colorée puisque le point de virage est alors faussé. Les bromures, les cyanures et les iodures sont exprimés sous forme de chlorures. Les ions ferrique, sulfate et chromate interfèrent lorsqu'ils dépassent 10 mg/l. Cette méthode est rapide et simple. Le virage est facile à observer.

11.3.3 Titrage potentiométrique (AWWA, 1976). – Cette méthode permet de détecter entre 0,15 et 10 mg de chlorures dans la portion de l'échantillon qui est titrée. Si l'on travaille

avec un échantillon de 50 ml, cela équivaut à une échelle de teneurs de l'eau en chlorures allant de 3 à 200 ppm.

L'échantillon est acidifié avec de l'acide nitrique et titré avec du nitrate d'argent au moyen d'un système à deux électrodes (verre et argent-chlorure d'argent). Le virage est déterminé par potentiométrie. Le système est normalisé avec une solution étalon de chlorure de sodium. Un grand nombre d'interférences sont susceptibles de se produire. Les ions bromure, iodure, et cyanure sont exprimés sous forme de chlorures. Les ions ferrocyanure, chromate et dichromate créent des interférences et doivent être extraits. La détermination des chlorures est précise à 2,5 p. 100 près en l'absence de corps interférants et à 5 p. 100 près s'il a fallu extraire au préalable des corps interférants. Cette méthode convient pour des échantillons colorés ou troubles dont le virage est difficile à observer. C'est la méthode de choix si l'échantillon contient des ions ferrique, phosphate, chromique, ferreux et des ions d'autres métaux lourds.

11.4 Identification du chlorure de sodium dans l'eau (méthodes qualitatives)

La présence de chlorures peut être déterminée par la formation d'un précipité blanc lorsque du nitrate d'argent 0,1 *N* est ajouté à l'échantillon acidifié. Le précipité est insoluble dans l'acide mais soluble dans un léger excédent d'ammoniaque (Moeller, 1958).

La méthode colorimétrique décrite en 11.3.1 peut être utilisée sans spectrophotomètre. Si l'échantillon se colore, c'est signe qu'il contient des chlorures ou un corps interférant.

La présence de sodium peut également être déterminée en utilisant l'épreuve de la flamme. La solution produit une flamme d'un jaune intense si elle renferme du sodium (Moeller, 1958).

11.5 Dosage du chlorure de sodium dans le sol (méthode quantitative)

11.5.1 Titrage au nitrate d'argent (Hesse, 1971). – Cette méthode permet de doser des teneurs en chlorures allant de 0,15 à 10 mg dans la portion d'échantillon extrait.

Un échantillon d'environ 20 g de sol de 2 mm est placé dans une bouteille et agité avec 100 ml d'eau pendant 30 minutes. Laisser reposer 15 minutes, centrifuger et filtrer. Prélever une fraction aliquote, la rendre neutre ou légèrement alcaline avec du bicarbonate de sodium. La solution est titrée avec du nitrate d'argent 0,02 *M* en utilisant 1 ml de chromate de potassium comme indicateur. Les ions bromure, iodure et cyanure produiront une interférence vu qu'ils sont déterminés comme des chlorures. C'est une méthode simple et rapide mais le virage de la solution est parfois difficile à observer.

11.5.2 Titrage potentiométrique (AWWA, 1976). – Cette méthode requiert une portion aliquote de l'extrait contenant 0,15 à 10 mg d'ions chlorure.

Préparer l'échantillon de sol tel qu'indiqué en 11.5.1. Titrer avec du nitrate d'argent 0,02 *N* en utilisant une électrode de verre et une électrode argent – argent chlorures. Le système est normalisé avec une solution étalon de chlorure de sodium. Il y a de nombreux ions interférants. Les ions bromure, iodure et cyanure sont exprimés sous forme de chlorures. Les ions chromate, ferrocyanure et dichromate doivent être extraits. La méthode est précise à 2,5 p. 100 près en l'absence d'ions interférants et à 5 p. 100 près s'il a fallu procéder à un traitement préalable pour extraire les ions interférants. Cette méthode convient pour les échantillons colorés ou troubles dont le point de virage est difficile à observer. Avec cette méthode, le point de virage est plus facile à observer qu'avec le chromate de potassium (voir 11.5.1). C'est l'une des méthodes de

choix lorsque l'échantillon contient des ions ferrique, chromique, phosphate et ferreux ainsi que des ions d'autres métaux lourds.

11.6 Identification du chlorure de sodium dans le sol (méthode qualitative)

Préparer un échantillon tel qu'indiqué en 11.5.1. Les chlorures ou n'importe quel halogène peuvent être identifiés par la formation d'un précipité blanc lorsqu'on ajoute du nitrate d'argent 0,1 *N* à une portion acidifiée de l'extrait. Le précipité est insoluble dans l'acide mais soluble dans un léger excédent d'ammoniaque (Moeller, 1958). Pour déterminer si l'échantillon contient du sodium, on peut utiliser l'épreuve de la flamme. Dans l'affirmative, il y aura production d'une flamme d'un jaune intense lorsque la solution est brûlée (Moeller, 1958).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

12.1 Références

AAR 1983: Association of American Railroads, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

APHA 1977: Katz, M. (ed.), Methods of Air Sampling and Analysis, Second Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., Method 201. (1977).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1978: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1978).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D512-67. (1979).

AWWA 1976: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., Method 408 B,C. (1976).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

* CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Ottawa, Ontario. (October, 1981).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third Edition, Association of American Railroads - Mechanical Division, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1984).

* CMR 1979: Barry, G.S., "Salt", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979). Nº de catalogue: M35-1982-37F.

Corpus 1980: Corpus Information Services Ltd., "Sodium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (31 October 1980).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

* Publié en français

Dow PS 1980: Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

DPPED 1967: DOM-X, DOX-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dreisbach 1980: Dreisbach, R.H., Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis, and Treatment, Tenth Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, California. (1980).

Foster 1980: Foster, A.C., Maun, M.A., "Effect of Two Relative Humidities on Foliar Absorption of Sodium Chloride," Canadian Journal of Plant Science, Vol. 60, No. 2, pp. 763-773. (1980).

* GCDWQ 1978: Health and Welfare Canada, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Prepared by the Federal-Provincial Working Group on Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Hull, Quebec, pp. 53-54, 46. (1978).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Gharsalli 1979: Gharsalli, M., Cherif, A., "Effect of Sodium Chloride on the Growth and Lipid Content of the Sunflower (*Helianthus annus*)", Physiol. Veg., Vol. 17, No. 2, pp. 215-229. (1979).

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, p. 85. (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jorgensen 1979: Jorgensen, S.E. (ed.), Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters, International Society for Ecological Modelling, Pergamon Press, Oxford, England, p. 564. (1979).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Kacmar 1980: Kacmar, P., Samo, A., Knezik, J., "Chemical Diagnosis of Sodium Chloride Poisoning in Purebred Fur-bearing Animals (Fox, Coypu) and in Turkeys and Pheasants", Vet. Med. (Prague), Vol. 25, No. 12, pp. 733-738. (1980).

Kaufmann 1960: Kaufmann, D.W., Sodium Chloride, The Production and Properties of Salt and Brine, Reinhold Publishing Corp., New York, New York. (1960).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, New York. (1979).

* Publié en français

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents -For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

McLean 1981: Mitigation of Salt Spills, Petroleum Institute for Training Service, Edmonton, Alberta. (1981).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Moeller 1958: Moeller, T., Qualitative Analysis, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, New York, pp. 397, 476. (1958).

* MWPP 1978: Rehau Industries Ltd., Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montréal, Québec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 1, Cincinnati, Ohio, P&CAM 115. (April, 1977).

** NRCC 1980: National Research Council of Canada, Executive Reports: Effects of Chromium, Alkali Halides, Arsenic, Asbestos, Mercury, Cadmium in the Canadian Environment, NRCC No. 17585, Ottawa, Canada. (1980).

Nriagu 1979: Nriagu, J.O., Environmental Biogeochemistry, Metal Transfer and Ecological Mass Balance, Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan, Vol. 2, pp. 743-761. (1979).

Pang 1979: Pang, C.Y., Phillips, G.D., Campbell, L.D., "The Toxic Effects of Saline Drinking Water on Young Turkey Poults", British Poultry Science, Vol. 20, pp. 1-7. (1979).

Partington 1958: Partington, J.R., General and Inorganic Chemistry for University Students, Third Edition, MacMillan Publishing, New York, New York. (1958).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Samantaray 1979: Samantaray, R.N., Dash, A.B., Ladh, S.B., "Effect of Sodium Chloride Spray on the Technological Quality of Rice Grain", Oryza, Vol. 15, No. 2, pp. 151-156. (1979).

Sandals 1978: Sandals, W.C.D., "Acute Salt Poisoning in Cattle", Canadian Veterinary Journal, Vol. 19, No. 5, pp. 136-137. (May, 1978).

* Publié en français
** Publication bilingue

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Sax 1981: Sax, J.R., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79. (May/June, 1981).

Seidell and Linke 1965: Seidell, A., Linke, W.F., Solubilities - Inorganic and Metal Organic Compounds, Fourth Edition, American Chemical Society, Washington, D.C. (1965).

Spehar 1981: Spehar, R.L., Lemke, A.E. et al., "Effects of Pollution on Freshwater Fish", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 1028-1076. (June, 1981).

Sussex 1977: Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Teal 1981: Teal, A.R. Mitigation of Salt Water Spills, Petroleum Institute for Training Service, Edmonton, Alberta. (1981).

Townsend 1980: Townsend, A.M., "Response of Selected Tree Species to Sodium Chloride", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 105, No. 6, pp. 878-883. (1980).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Webster 1975: Webster, G.R., Salt Spills, Proceedings of the Conference on the Environmental Effects of Oil and Saltwater Spills on Land, Alberta Environment, pp. 21-25. (1975).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 457-467. (1972).

WQCDB-2 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, pp. 117, 236-239. (July, 1971).

WQCDB-3 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-128-130. (May, 1971).

WQCDB-5 1973: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-404-405. (September, 1973).

WQS 1979: McNeily, R.N., Neimans, V.P., Dwyer, L., Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada, pp. 16, 17, 53, 77-81. (1979).

* Publié en français

12.2 Bibliographie

Association of American Railroads, Personal Communication, G. Meier. (January, 1983).

Association of American Railroads - Mechanical Division, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Third edition, Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha, Nebraska. (1974).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1978).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D512-67. (1979).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., Method 408 B,C. (1976).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

* Barry, G.S., "Salt", Canadian Mineral Reviews, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec. (1979).

* The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Ottawa, Ontario. (October, 1981).

Corpus Information Services Ltd., "Sodium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (31 October 1980).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, New York. (1979).

DOM-X, DOX-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dreisbach, R.H., Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis, and Treatment, Tenth Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, California. (1980).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, pp. 117, 236-239. (July, 1971).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, pp. A-128-130. (May, 1971).

* Publié en français

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-404-405. (September, 1973).

Foster, A.C., Maun, M.A., "Effect of Two Relative Humidities on Foliar Absorption of Sodium Chloride", Canadian Journal of Plant Science, Vol. 60, No. 2, pp. 763-773. (1980).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Gharsalli, M., Cherif, A., "Effect of Sodium Chloride on the Growth and Lipid Content of the Sunflower (*Helianthus annus*)", Physiol. Veg., Vol. 17, No. 2, pp. 215-229. (1979).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

* Health and Welfare Canada, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Prepared by the Federal-Provincial Working Group on Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Hull, Quebec, pp. 53-54, 46. (1978).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, p. 85. (1972).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Jorgensen, S.E. (ed.), Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters, International Society for Ecological Modelling, Pergamon Press, Oxford, England, p. 564. (1979).

Kacmar, P., Samo, A., Knezik, J., "Chemical Diagnosis of Sodium Chloride Poisoning in Purebred Fur-bearing Animals (Fox, Coypu) and in Turkeys and Pheasants", Vet. Med. (Prague), Vol. 25, No. 12, pp. 733-738. (1980).

Katz, M. (ed.), Methods of Air Sampling and Analysis, Second Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., Method 201. (1977).

Kaufmann, D.W., Sodium Chloride, The Production and Properties of Salt and Brine, Reinhold Publishing Corp., New York, New York. (1960).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

* Publié en français

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McLean, B.N., Mitigation of Salt Spills, Petroleum Institute for Training Service, Edmonton, Alberta. (1981).

McNeily, R.N., Neimans, V.P., Dwyer, L., Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada, pp. 16, 17, 53, 77-81. (1979).

Moeller, T., Qualitative Analysis, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, New York, pp. 397, 476. (1958).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 457-467. (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 1, Cincinnati, Ohio, P&CAM 115. (April, 1977).

* National Research Council of Canada, Executive Report: Effects of Chromium, Alkali Halides, Arsenic, Asbestos, Mercury, Cadmium in the Canadian Environment, NRCC No. 17585, Ottawa, Canada. (1980).

Nriagu, J.O., Environmental Biogeochemistry, Metal Transfer and Ecological Mass Balance, Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan, Vol. 2, pp. 743-761. (1979).

Pang, C.Y., Phillips, G.D., Campbell, L.D., "The Toxic Effects of Saline Drinking Water on Young Turkey Poults", British Poultry Science, Vol. 20, pp. 1-7. (1979).

Partington, J.R., General and Inorganic Chemistry for University Students, Third Edition, MacMillan Publishing, New York, New York. (1958).

Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

Rehau Industries Ltd., Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montréal, Québec. (1978).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Samantaray, R.N., Dash, A.B., Ladh, S.B., "Effect of Sodium Chloride Spray on the Technological Quality of Rice Grain", Oryza, Vol. 15, No. 2, pp. 151-156. (1979).

* Publication bilingue

Sandals, W.C.D., "Acute Salt Poisoning in Cattle", Canadian Veterinary Journal, Vol. 19, No. 5, pp. 136-137. (May, 1978).

Sax, J.R., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79. (May/June, 1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Seidell, A., Linke, W.F., Solubilities - Inorganic and Metal Organic Compounds, Fourth Edition, American Chemical Society, Washington, D.C. (1965).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Spehar, R.L., Lemke, A.E. et al, "Effects of Pollution on Freshwater Fish", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 1028-1076. (June, 1981).

Teal, A.R. Mitigation of Salt Water Spills, Petroleum Institute for Training Service, Edmonton, Alberta, (1981).

Townsend, A.M., "Response of Selected Tree Species to Sodium Chloride", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 105, No. 6, pp. 878-883. (1980).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Webster, G.R., Salt Spills, Proceedings of the Conference on the Environmental Effects of Oil and Saltwater Spills on Land, Alberta Environment, pp. 21-25. (1975).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

* Publié en français